



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química**

**POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA  
PRODUCIR BIODIESEL**

**Marcos David Amézquita Maldonado  
Asesorado por : Ing. Romel Alaric García Prado**

**Guatemala, septiembre de 2005**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

### **POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARCOS DAVID AMÉZQUITA MALDONADO**

ASESORADO POR ING. ROMEL ALARIC GARCÍA PRADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahàn Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vidas Leive
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Vèliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÒ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuel Milson
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Victo Herber De León Morales
EXAMINADOR	Ing. Edwin Manuel Ortiz Castillo.
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **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:

### **POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 28 de noviembre de 2004

Marcos David Amèzquita Maldonado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE ENERGÍA Y MINAS  
-CESEM - Tel./fax: 24 76 04 23

Abril, 25 del 2005.

**Ingeniero  
Julio Rivera  
Director, Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería, USAC**

**Ingeniero Rivera:**

Por este medio hago constar que asesoré al estudiante **MARCOS DAVID AMÉZQUITA MALDONADO** con carnet **9312552**, en su trabajo de graduación sobre: **"POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL"**.

Habiendo terminado su trabajo experimental y de redacción satisfactoriamente, dejo constancia de mi responsabilidad como asesor, así como de su aprobación para que sea tomado como uno de los requisitos para su Examen General Público.

Agradeciendo su atención, me suscribo.

Cordialmente, *"ID Y ENSEÑAD A TODOS"*

  
**Ing. Romel Alaric Garcia Prado**  
**Colegiado 211**





**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



Guatemala, 8 de agosto de 2,005

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Ingeniero  
Federico Salazar Rodríguez  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Salazar.

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado: "POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL" desarrollado por el estudiante Marcos David Amézquita Maldonado, después de haber realizado la revisión del trabajo de Graduación llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo de usted.

Atentamente, "ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adolfo Gramajo Antonio'.

Dr. Adolfo Gramajo Antonio  
**REVISOR**



**ESCUELA DE  
INGENIERIA QUIMICA**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de de Graduación del estudiante Marcos David Amézquita Maldonado titulado: "POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL", procede a la autorización del mismo.

A handwritten signature in ink, appearing to read 'Federico Salazar Rodríguez'.

**Ing. Federico Salazar Rodríguez  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA**



Guatemala, septiembre de 2,005

**ESCUELA DE  
INGENIERIA QUIMICA**



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Telco. 24709579 Exto. 101-102-114 Fax: 14760366

Ref. DTG. 404-2005.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **POTENCIAL QUE TIENE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL**, presentado por el estudiante universitario **Marcos David Amézquita Maldonado** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, septiembre 22 de 2,005



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A :**

DIOS

Por llevarme de la mano en toda mi  
Carrera Universitaria

MIS PADRES

Dr. MARCOS AMÈZQUITA MORALES  
ALICIA MALDONADO DE AMÈZQUITA  
Con gratitud y cariño por apoyarme siempre

MIS HERMANOS

DOREN SUCELY AMÈZQUITA MALDONADO  
OSCAR RENATO AMÈZQUITA MALDONADO  
Con mucho afecto

MI ESPOSA  
E HIJA

MARY SALAZAR RAMÍREZ DE AMÈZQUITA  
NALLELY VANESSA AMÈZQUITA SALAZAR  
Con Amor

## **AGRADECIMIENTOS A:**

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

ING. ROMEL ALARIC GARCÍA PRADO

ING. CESAR GARCÍA

ING. ADOLFO GRAMAJO ANTONIO

ING. RONALDO VÁSQUEZ AMÈZQUITA

MIS AMIGOS Y FAMILIARES



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	X
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVI
HIPÓTESIS	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
1.El Biodiesel	1
1.1Què es el Biodiesel	1
2. Métodos para usar Aceite Vegetal como combustible	3
3. Proceso de elaboración de Biodiesel	9
4. Método de Lavado de Burbuja de la Universidad de Idazo	13
5. Ventajas del Biodiesel	17
6. Estudio de algunos parámetros para la elaboración del biodiesel	21
7. Método de Titrado para un Aceite Usado	27
7.1. Cantidades mínimas necesarias de Catalizador para Producir Biodiesel a partir de Aceite Nuevo	27
7.2. Titrado para el metanol y el hidróxido de sodio	28
7.3. Titrado para el etanol y el Hidróxido de potasio	30
8.Fabricación Industrial de Biodiesel a partir de Aceite Nuevo en la planta OIL FOX S.A.	39
CHABAS, PROVINCIA DE SANTA FE, ARGENTINA	

9. Fabricación Industrial de Biodiesel a partir de Aceite Usado en la planta STOCKS DEL VALLES DE ESPAÑA.	45
10. Producción de Biodiesel en el área rural utilizado para La producción Agropecuaria en Argentina	51
11. Planta piloto que fue aprobada en Argentina el 16 de marzo De 2004 para la CORPORACIÓN ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE NAVARRA, S.A.	53
12. Reactores BD2 para elaboración de Biodiesel tipo Batch En Argentina, - especificaciones para su diseño -	81
13. Tipos de Plantas de Biodiesel	87
14. Procesos Continuos y Discontinuos de Biodiesel	89
14-1. Proceso continuo	89
14.2. Proceso Discontinuo	93
15. Reacciones Químicas que ocurren en el proceso de Formación del Biodiesel	95
16. Mecanismos de la reacción de la transesterificación	99
17. Materias primas y Condiciones necesarias que se deben Tomar en cuenta en el proceso de Biodiesel	101
18. Características y especificaciones de los Catalizadores Útiles para producir Biodiesel	105
19. Propiedades Fisicoquímicas de Biodiesel Según EL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS DE GUATEMALA	109
19-1. Especificaciones del Biodiesel Según UNIÓN EUROPEA	110
19-2. Especificaciones DIN 51606, US ASTM, PACIFIC BIODIESEL	112

20. Potencial que Guatemala tiene para producir y sustituir la Demanda de Diesel fósil por Biodiesel	113
21. Detalles respecto de la Palma Africana	123
22. Otros tipos de Reactores para producir Biodiesel	180
<b>CONCLUSIONES</b>	131
<b>RECOMENDACIONES</b>	133
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	134
<b>APÉNDICE</b>	136
<b>ANEXO</b>	140

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Rudolf Diesel	5
2. Triglicéridos	10
3. Escala para medir la sosa y los productos químicos usados para la valoración	31
4. Aceite usado que va a ser valorado	31
5. Color del líquido valorado cuando tiene el pH correcto.	32
6. Pesando la cantidad correcta de sosa	32
7. Quemador bajo la vasija de transesterificación	32
8. Vista del mezclador de metóxido sódico (izquierda) y la vasija de transesterificación (derecha).	33
9. Vista del mezclador de metóxido sódico vaciándose en la vasija de transesterificación (advértase el termómetro).	33
10. Válvula en el fondo de la vasija de transesterificación utilizada para decantar la glicerina ( mas densa ) de los esteres ( menos densos ).	34
11 . Bomba de fuel - combustible - y filtros -- se usan después, tras sacar del biodiesel las sedimentaciones de residuos jabonosos y sosa.	34
12. Vista general del procesador montado en el trailer.	35



13. El producto finalizado.	35
14. Equipo para 18.9 litros de Biodiesel.	36
15. Reactor BIO2	83
16. Reactor BIO4	86
17. Proceso continuo del Biodiesel	90
18. Proceso Discontinuo o por Lotes	92
19. Reacción Química General	95
20. Etapas de la reacción de etanolisis	95
21. Reacciones Secundarias	97
22. Reacciones de Neutralización	97
23. Transesterificación en medio ácido	99
24. Transesterificación en medio básico	100
25. Materia prima y condiciones para el proceso de Biodiesel	101
26. Semillas oleaginosas	102
27. Tipos de Catalizadores	103
28. Proceso integrado de Biodiesel	104
29. Composición del Aceite de Palma	124
30. Palma Africana	125
31. Fruto de la Palma Africana	126
32. Ácidos Grasos Saturados e Insaturados	127
33. Reacción de esterificación	128
34. Formación de un Triglicérido	129
35. Áreas Potenciales para el cultivo de Palma Africana en Guatemala	155
36. Planta de producción de biodiesel Alcalá de Henares ( Madrid )	178

37. Esquema de un Reactor Àcido – Base	180
38. Reactor Tubular continuo, para una mezcla con flujo oscilatorio	181
39. Aspectos fisicos en un reactor tubular oscilatorio	181
40. Reactor tubular oscilatorio continuo a escala de laboratorio	182
41. Proceso de la reacción a lo largo de un reactor tubular oscilatorio continuo	183
42. Reactor sin Contacto	183

## GRÀFICAS

1. Consumo que tiene Guatemala por año de diesel	141
2. Recursos naturales en aceite que mayor dispone Guatemala para producir biodiesel	142
3. Hectáreas cultivadas vrs. cultivos oleaginosos	143
4. Cultivo de palma africana por departamento	144
5. Producción de biodiesel que se puede obtener de las hectáreas cultivadas	145
6. Porcentaje que se cubre de la demanda de diesel que se tiene en el país	146
7. Hectáreas de cultivos oleaginosos para producir biodiesel	147
8. Hectáreas totales necesarias para cultivar palma africana y producir biodiesel	148
9. Relación entre las hectáreas cultivadas y las potencialmente útiles para cultivar palma africana	149
10. Producción de aceite útil para producir biodiesel	150
11. Producción de aceite total para producir biodiesel	151
12. Superficie territorial y en fincas vrs. departamentos de Guatemala	152
13. Superficie territorial y en fincas vrs. departamentos de Guatemala	153
14. Porcentaje de superficie vrs. departamento	154

## TABLAS

I.	Materias primas y materiales en un proceso Continuo	92
II.	Planta de Biodiesel en España	108
III.	Propiedades Fisicoquímicas del Biodiesel	109
IV.	Especificaciones del Biodiesel, Unión Europea	110
V.	Especificaciones DIN – ASTM para el Biodiesel	112
VI.	Recursos Naturales que mayor dispone Guatemala para producir Biodeisel	113
VII.	Hectáreas que se cultivan y que se necesitan para producir Biodiesel en Guatemala	114
VIII.	Hectáreas totales que se cultivan y que se necesitan para producir Biodiesel	115
IX.	Producción de Biodiesel con las hectáreas cultivadas	116
X.	Porcentaje que se deja de cubrir o se requiere cultivar más para producir Biodiesel	116
XI.	Cultivo de Palma por departamento	117
XII.	Relación de hectáreas cultivadas y potenciales para cultivar Palma Africana	118
XIII.	Número de fincas censadas	119
XIV.	Cultivo de Palma por Departamento	120
XV.	Superficie de cultivos oleaginosos cultivados	120
XVI.	Producción de aceite y la necesaria para Producir Biodiesel en Guatemala	121
XVII.	Producción de aceite y la necesaria total para Producir Biodiesel en Guatemala	122
XVIII.	Ácidos Grasos saturados e insaturados del aceite de Palma Africana	128

XIX .	Producción e importación de aceites y grasas en Guatemala	156
XX.	Semillas oleaginosas y su contenido en aceite en %	157
XXI.	% de extracción de aceite según semillas	158
XXII.	Litros de biodiesel / hectáreas cultivadas	160
XXIII.	Consumo de diesel en Guatemala	160
XXIV.	Uso de tierras en Guatemala	161
XXV.	Rendimiento de cultivos oleaginosos - hectogramos / hectáreas -	162
XXVI.	Producción de ajonjolí	163
XXVII.	Costos de producción de palma africana	164
XXVIII.	Costos de producción de soya	166
XXIX.	Costos de producción del aguacate	169
XXX.	Costos de producción del arroz	171
XXXI.	Costos de producción del higüerillo	173
XXXII.	Kilogramos de aceite / hectárea cultivada	176
XXXIII.	Características de los tipos de esteres obtenidos de los diferentes tipos de aceites de los diferentes cultivos	177

## LISTA DE SÍMBOLOS

B10	Mezcla de 10% de Biodiesel con 90% de Diesel fòsil
B20	Mezcla de 20% de Biodiesel con 80% de Diesel Fòsil
B30	Mezcla de 30% de Biodiesel con 70% de Diesel Fòsil
B100	Biodiesel al 100% puro
BTU/ LB	Unidad de energía en el sistema ingles
°C	Grados Celsius, - Centígrados -
cm.	Abreviatura de Centímetros
EEAG	Ester Etilico de Ácidos Grasos
EMAG	Ester Metilico de Ácidos Grasos
°F	Grados Fahrenheit
GLP	Gas licuado de petróleo
Ha	Hectárea
Hg	Hectogramo
KOH	Hidróxido de Potasio
Mt	Miles de Toneladas
Mm.	Abreviatura de milímetros
NaOH	Hidróxido de Sodio
PH	Mide la concentración de acidez
Tm	Tonelada métrica

## GLOSARIO

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,
Bioestearaje	Es el porcentaje de biodiesel puro que se encuentra en el combustible
Bioetanol	Producción de etanol a partir de la caña de azúcar
Bio-gas	Combustible gaseoso como el Metano
Catalizador	Sustancia que altera una reacción química y que puede recuperarse esencialmente inalterado, en forma y cantidad, al final de la reacción
Cetano	Unidad de resistencia del Biodiesel a su detonación, así como en el Diesel fósil, su resistencia a la detonación, se mide numero de octanos.
Densidad	Es la relación de masa a volumen
Diesel 2D	Fracción del petróleo que destila de 175 a 350°C y se utiliza comercialmente como combustible en los vehículos de combustión por compresión o motores diesel

Di glicéridos	Ester de glicerina con ácidos grasos en el que dos grupos diferentes de ácido graso se hallan unido al grupo glicérico
Enzimáticos	Sustancias orgánicas que actúan como aceleradores de una reacción química
Eólica	Tipo de energía que proporciona el viento
Ester	Compuesto formado por la unión de un alcohol y un ácido con eliminación de agua
Etanol	Líquido incoloro volátil, con punto de ebullición de 78.3°C denominado alcohol alcohol etílico, alcohol de cereales, útil para la fabricación de muchos productos químicos y medicinas.
Etil Ester	Compuesto formado por la unión del alcohol etílico y un ácido graso, como los ácidos grasos, por eliminación de agua
Etóxido	Compuesto formado a partir del etanol por sustitución de hidrogeno del grupo hidroxilo por un metal monovalente.
Fenolftaleina	Cristales amarillo claro, solubles en alcohol, éter, álcalis, pero insoluble en agua Empleado como indicador ácido base
Fotovoltaica	Dispositivo que transforma directamente Una radiación electromagnética en energía eléctrica
Heterogéneo	sustancia o mezcla con varias fases, con propiedades físicas y químicas diferentes como la mezcla líquido- vapor, líquido -vapor-sólido



Homogéneo	Sustancia que tiene una composición o estructura uniforme
Metanol	Alcohol metílico, líquido incoloro y tóxico, que hierve a 64.5°C, se emplea en la fabricación del formaldehído, en síntesis química, se denomina también metanol, alcohol de madera.
Metil Ester	Compuesto formado por la unión del alcohol metílico con un ácido, como ácidos grasos, por eliminación de agua
Metóxido	Compuesto formado por el metanol y un Ácido graso
Monoglicéridos	Ester de glicerina con ácidos grasos en el que sólo un grupo ácido está unido al grupo glicérico
Punto de Inflamación	Es la temperatura a la cual el producto forma mezclas inflamables bajo ciertas condiciones de aire controladas en el laboratorio
Transesterificación	Es cuando un ester reacciona con Alcoholes en condiciones ácidas o básicas Para producir nuevos esteres.
Triglicéridos	Ester de glicerina con ácidos grasos en el que tres grupos diferentes de ácido graso Se hallan unido al grupo glicérico
Titrado	Método que se utiliza para conocer la Cantidad que se debe añadir de catalizador cuando se produce biodiesel a partir de un aceite usado

Viscosidad

Està relacionada con el peso molecular y la capacidad de fluir de una sustancia bajo ciertas condiciones.

Vitòn

Caucho sintético

## RESUMEN

En el siguiente trabajo se determinò la Capacidad que tiene Guatemala para producir Biodiesel y sustituir la demanda de Diesel Fósil que tiene el país, a partir del recurso renovable que se tenga en mayor cantidad y que sea útil para producir Biodiesel con un rendimiento alto. De Los recursos renovables que dispone el país de Guatemala para producir Biodiesel, están: a) grasa y aceite animal o vegetal, b) Semillas Oleaginosas, c) Frutos Oleaginosos y d) Sebo o Aceite de Frituras.

Para lograr determinar cual de estos recursos es el optimo se analizaron las siguientes variables en cada uno: a) Cantidad b) Producción c) Superficie Cultivada , - dependiendo el recurso renovable - , c) Rendimiento de Biodiesel La información deseada, se investigo en los informes proporcionados por las siguientes instituciones Gubernamentales: INE, MINISTERIO DE AGRICULTURA (MAGA), LA FAO, BANCO DE GUATEMALA, CÁMARA DE COMERCIO Y CÁMARA DE LA INDUSTRIA.

Lográndose determinar que el recurso renovable que Guatemala dispone, en mayor cantidad y con un rendimiento alto para producir Biodiesel, es el cultivo y Aceite de Palma Africana. Con este recurso, Guatemala tiene la capacidad de sustituir la demanda de Diesel Fósil por Biodiesel en el país.

## **OBJETIVOS**

General:

- 1) Determinar de qué recurso renovable se dispone y en qué capacidad, para transformarlo y sustituir, la demanda de diesel fósil por biodiesel en el país.

Específicos:

- 1) Conocer, de qué plantas cultivadas se extrae Aceite Vegetal Comestible y cuantas toneladas métricas se produce en el país.
- 2) Determinar cuantas hectáreas se cultivan, de las diferentes plantas, cuya posibilidad de obtención de aceite sea máxima en el país.
- 3) Obtener información sobre, la cantidad de grasa animal y vegetal que se produce en el país.

## HIPÓTESIS

### General

Guatemala no tiene la capacidad de sustituir en un 100%, la demanda de diesel fósil por biodiesel, en base a sus recursos renovable disponibles.

### Específicas

1) Potencialmente, el Aceite Vegetal Comestible, es el mejor recurso renovable que tiene Guatemala para producir Biodiesel.

2) Es necesario cultivar mas hectáreas, de plantas que Guatemala utiliza para la extracción de aceite vegetal, de las que ya se tienen.

## INTRODUCCIÓN

Guatemala, así como numerosos países del mundo, necesitan de un combustible alternativo al diesel, debido al elevado incremento en su precio por galón en los últimos años. Se requiere de un combustible mejor o igualmente eficaz y eficiente y como alternativa se tiene el biodiesel, un combustible de material naturalmente renovable que en comparación con el diesel fósil, este no lo es. El proceso de fabricación del biodiesel requiere de una grasa o aceite vegetal o animal, etanol, metanol o isopropanol y una base, el cual se someten a una transesterificación obteniéndose como producto biodiesel, - ésteres de etanol o metanol -, glicerina o glicerol, y agua.

El biodiesel en el tanque de un automóvil diesel, se puede utilizar en un 100% o en mezclas, tales como: B5, B10 B15, B20, es decir que en volumen, al diesel fósil se le puede adicionar un 5 – 10 – 15 – 20 % o más si se desea, de biodiesel, respectivamente . Si se desea que los países sustituyan en un 10 - 20 – 30 – 50 - 100% al diesel fósil, es necesario determinar la capacidad que tiene cada país, en la producción de grasa o aceite animal o vegetal para transesterificarlo y convertirlo en biodiesel.

En Guatemala , la capacidad que se tiene para sustituir la demanda de Diesel Fósil por Biodiesel en un 10 – 20 – 50 - 100%; se determinó , a partir de los diferentes informes que aportaron aquellas instituciones Gubernamentales, que, de alguna manera, tienen o están relacionadas con la información que se desea saber, para el desarrollo de este trabajo.

La información que se investigo es la siguiente: a) ¿De qué plantas extrae Guatemala aceite vegetal comestible? b) ¿Cuántas hectáreas de cada una de estas plantas se cultivan en el país?; c) ¿Qué cantidades se producen de sebo o grasa animal?; d) ¿Qué cantidad de aceite vegetal comestible se produce en Guatemala?; e) Hectáreas de Superficie disponible que Guatemala tiene para cualquier cultivo; f) Importación y exportación de grasas y aceites animales y vegetales en el País; g) Importación y exportación de semillas y frutos oleaginosas en el País.





# 1-EL BIODIESEL

## 1.1-¿ QUÈ ES EL BIODIESEL ?

Biodiesel es un Ester (similar al vinagre) que puede ser obtenido de diferentes tipos de aceites o grasas animales o vegetales, como soja, colza, palmera.... 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 tipode biodiesel puro. Ron Heck, presidente de la **American Soybean Asociación** (Asociación Estadounidense del Poroto de Soja), señaló que es posible mezclar el biodiesel con el diesel común en cualquier proporción; también puede utilizarse solo. "Tiene casi la misma cantidad de energía que el diesel derivado del petróleo", indicó Heck.

El uso de biodiesel limpia los inyectores de combustible del motor y reduce la cantidad de cambios de aceite requeridos. La eliminación del azufre también reduce la lubricidad del combustible. Los productores de diesel deberán recuperar esa lubricidad para evitar atascamientos del motor; el biodiesel podría ser un buen aditivo,

## **2-MÉTODOS PARA USAR ACEITE VEGETAL COMO COMBUSTIBLE**

Todos los Motores Diesel pueden funcionar con un combustible basado en Aceite Vegetal y funciona tan bien como usando Diesel Oil, llamado también Gas-Oil.

### **1- BIO-DIESEL**

El método más convencional para hacer funcionar un Motor Diesel con Aceite Vegetal es produciendo un combustible llamado BIO-DIESEL. Se lo produce combinando entre un 10 al 20 % de alcohol con 3,5 a 7.0 grs. de Soda Cáustica, con un 80 a 90 % de Aceite Vegetal. Una reacción exitosa es ejecutada con un 80 % de AV, 3,5 grs. de Hidróxido de Sodio y 20 % de Metanol. Estos ingredientes deben ser mezclados durante una hora y dejar reposar durante 8 horas.

Luego que la reacción se haya completado y los nuevos productos hayan decantado Ud. obtendrá BIODIESEL y Glicerina. El Combustible es de color ámbar y fluye como agua y el Jabón de color marrón, teniendo una consistencia gelatinosa queda en el fondo pudiendo ser retirado por bombeo, sifonado ó drenado.

## 2- ACEITE VEGETAL MEZCLADO CON KEROSÉN (AVK)

El segundo método para usar Aceite Vegetal en un motor Diesel es simplemente cortando el Aceite con Kerosén. Es aplicable en emergencias y para motores de trabajo pesado y en zonas de clima cálido. Dependiendo de la temperatura ambiente, la relación entre kerosén y aceite puede variar entre 10% de Kerosén y 90% de Aceite, al 40% de Kerosén y 60 % de aceite. Una proporción correcta es de 20 % Kerosén con un 80% de Aceite. La eficiencia y resultado del ACEITE–KEROSENE mejora al encender y apagar el motor con BIO DIESEL ó GAS-OIL, instalando un tanque adicional de combustible y pasado al uso del ACEITE-KERO cuando el motor está caliente.

## 3- ACEITE VEGETAL PURO (AVP)

El tercer método para hacer funcionar un Motor Diesel con Aceite Vegetal es usándolo PURO (AVP). Para asegurar un resultado positivo y vida útil de su motor, debe ser encendido con Gas-Oil ó Bio-Diesel. Se necesita un tanque adicional con una llave de cambio para pasar del Bio-Diesel ó Gas-Oil al AVP. La clave de hacer funcionar un motor diesel con Aceite es mantener caliente el AVP en cada etapa ( tanque, manguera y filtro). El aceite debe estar calentado a unos 70 Gr.C.

Muchos motores Diesel tienen mangueras que circulan refrigerante caliente. Ese refrigerante puede ser canalizado para calentar el aceite y demás partes. Se pueden hacer sencillas modificaciones a dichas mangueras, con otras de Combustible y Aceite. Si las refinerías de diesel incorporaran el 2 por ciento de biodiesel a sus productos. De ese modo, se lograría la economía de escala necesaria para disminuir el precio del combustible renovable para el público

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 vitón, debido a que el biodiesel ataca a los primeros

**Figura # 1** Rudolf Diesel



La primera referencia a este tipo de combustibles fue en el año 1900 cuando Rudolf Diesel probó aceite de maní en el motor que había creado para demostrar la adaptabilidad del mismo. Hacia fines de los 70' y comienzos de los 80' la crisis del petróleo generó gran incertidumbre por los recursos no renovables reflatándose la idea de la utilización de los biocombustibles. Desde 1973 comenzó el fin de la era del petróleo seguro y barato.

En octubre de ese año, como resultado de la guerra entre árabes e israelíes, los países árabes productores de petróleo recortaron su producción y embargaron el suministro de crudo a Estados Unidos y los Países Bajos. En la actualidad estos ya han pasado de la etapa experimental y forman parte de la canasta de combustibles habituales. Desde el descubrimiento del fuego el hombre ha hecho uso de los **bio-combustibles**, en este caso con la tradicional leña, por lo tanto la bio-masa ha sido indispensable para el desarrollo humano desde entonces.

Con la utilización masiva de los **combustibles fósiles** como los hidrocarburos: petróleo, gas, carbón, combustibles llamados **energías no renovables**, limitados, en extinción, no cultivables, cuya formación requiere de siglos geológicos en los que la propia bio-masa a través de un proceso de descomposición anaeróbica, bacterial, presión y temperatura se transforma en tal preciado combustible.

La humanidad se acerca peligrosamente a un desequilibrio ambiental en relación al efecto invernadero que estos combustibles generan al ser quemados, y otros problemas de salud que directamente afecta a la población. Si a esto unimos los precios exorbitantes que limitan el desarrollo efectivo de los países que no lo poseen en cantidades suficientes para satisfacer la demanda interna, como Guatemala, y que lo vuelven dependiente de los intereses monopólicos y de grandes organizaciones que manejan el negocio,

Entonces la búsqueda de combustibles más amigables con el medio ambiente y con las economías es una necesidad. Y hacia esto apuntan las tendencias iniciadas en el siglo XX, para la utilización de **energías renovables como la Fotovoltaica o Solar, Eólica, bio-gas, bio-masa (Utilización de residuos agro-industriales como combustibles, leña procesada, leña que por supuesto aun se utiliza en la manera tradicional), bio-etanol, bio-diesel y también hidroeléctricas.**

Los países europeos son las que mas han avanzado en el tema, los EE.UU. y en Latinoamérica, Brasil, Uruguay y Argentina llevan la delantera, con muchos años de experiencia. Como por ejemplo en Brasil desde hace varios años ya no se utiliza gasolina pura, esta tiene una mezcla de bio-etanol en porcentajes variables. Es pues para Guatemala un desafío el enfrentar de manera sólida, inteligente y decidida el desarrollo de las energía renovables, y mas aun en aquellas formas de la energía cuya tecnología y obtención de materia prima sea accesible a bajo costo, o sea sujeta de desarrollo propio, y que esto impacte de manera positiva también el medio ambiente y la economía nacional y del consumidor particular.





### 3-PROCESO DE ELABORACIÓN DEL BIODIESEL

Existen, al menos, tres formas de hacer funcionar un motor diesel con bio-potencia, utilizando aceites vegetales, grasas animales o ambos. Las tres funcionan tanto con aceites frescos como usados.

- Utilizando el aceite tal como es;
- Mezclándolo con queroseno (parafina);
- Convirtiéndolo en biodiesel.

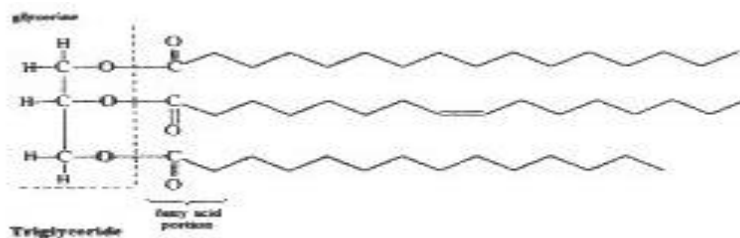
Los dos primeros métodos suenan como los mas fáciles, pero poseen desventajas; la principal de las cual es que funciona mejor si se enciende la maquina con petrodiesel ordinario, luego se cambia a biocombustible y posteriormente se vuelve a cambiar a petrodiesel antes de parar el motor. Esto implica tener dos depósitos de combustible -- algo que no es un asunto sencillo con los diesel, que tienen sistemas de combustible hermético.

El utilizar aceite vegeta directamente requiere pre-calentar el aceite en cada etapa y volver al segundo deposito de combustible. El tercer método, el de convertir el aceite a Biodiesel, requiere de un procedimiento que se denomina **transesterificación**, similar a la saponificación, que es la elaboración de jabón . En la elaboración de jabón se toma un ácido transgraso o triglicérido (aceite o grasa de cocina), se mezcla con una solución de hidróxido sódico (NaOH o sosa ) y agua.

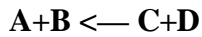
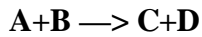
Esta reacción produce que las cadenas de esteres se separen de la glicerina. Estas cadenas de esteres son las que se convierten en jabón. También se denominan lípidos. En las reacciones de transesterificación, se mezcla en primer lugar una solución de NaOH (sosa), metanol (CH<sub>3</sub>OH) o etanol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) para crear metóxido sódico (Na<sup>+</sup> CH<sub>3</sub>O<sup>-</sup>), o etóxido sódico (Na<sup>+</sup> CH<sub>3</sub>CO<sup>-</sup>). Este producto químico, rompe el ácido transgraso en glicerina y en cadenas de esteres (biodiesel), junto con un poco de jabón si no se es cuidadoso.

Los esteres se convierten en metilesteres o etilesteres, según sea el caso (con metanol o etanol). En la figura, las líneas en zigzag representan el triglicérido y se ha abreviado para las cadenas de carbono. A ambos lados de cada segmento de línea se encuentra un átomo de carbono.

**Figura # 2 Triglicerido**



La reacción de transesterificación es una reacción de equilibrio o reversible, donde la reacción se dirige a ambos lados simultáneamente, así:



Cuando los reactivos y los productos alcanzan el equilibrio, la reacción se detiene. Es decir que la grasa o aceite no se transforma más. En ese punto, el biodiesel es una mezcla de Grasa o aceite y EMAG o EEAG (Esteres Metílicos o Etilícos de ácidos Grasos). No se cuenta con el hecho de que estos dos estén aparte, porque EMAG o EEAG son buenos disolventes y así se disuelve toda la grasa o aceite no reaccionado. Se debe hacer funcionar un motor diesel normal con AVU no calentado, con lo cual tenemos que hacer algo.

No se debe hacer funcionar un motor diesel normal con grasa o aceite, con lo cual se tienen dos alternativas. Imaginemos que C y D representan nuestros productos: EMAG o EEAG y glicerina (A y B simbolizan la grasa o aceite y metanol o etanol respectivamente). Para impulsar la reacción hacia adelante C y D, es decir, que se quiere convertir toda la grasa o aceite en EMAG o EEAG, es necesario hacer lo siguiente :

1. añadir más alcohol -- esto desplazaría la reacción a la derecha, o
2. retirar el producto indeseado (glicerina) -- dirección hacia la derecha de nuevo.

Añadir más alcohol no sirve para mucho, salvo que realmente se exagere, en añadir más del doble de la cantidad requerida, para obtener un resultado leve. Esto haría que el precio del biodiesel ascendiera demasiado. Pero, reducir la glicerina es otro camino, que ayuda a producir un tercio más del combustible. Esto significa que más grasa o aceite se transesterifica. Quitar glicerina durante la reacción es difícil, porque se necesita de un equipo como una centrifugadora para hacerlo y este equipo es muy caro.

Para evitar este paso se tiene un procedimiento alternativo, como desarrollar el proceso en dos etapas, tales como:

#### Primera etapa

1. Mídase la grasa o aceite y viértala en una cámara de reacción
2. Prepare su metóxido o etóxido, dependiendo del alcohol a trabajar.
3. Caliente la grasa o el aceite .
4. Añada 3/4 partes del metóxido o etóxido preparado (guarde el resto en un contenedor o prepare un proceso por lotes nuevo para la siguiente fase - por tanto, se realizan dos cálculos: primero se determinan los productos químicos necesarios y luego se separa en 3/4 y 1/4).
5. Mezcle durante 50-60 minutos.
6. Permita que la mezcla repose durante 12 horas.
7. Separe la glicerina del EMAG o EEAG, dependiendo cual sea el alcohol que se utilice en la reacción de transesterificación .

#### Segunda etapa

8. Rellene la cámara de reacción con el EMAG o EEAG de la primera etapa.
9. Caliente el EMAG o EEAG a 48-52 °C .
10. Añada el restante 1/4 del metóxido o etóxido dependiendo el caso.
11. Mezcle durante 50-60 minutos manteniendo la temperatura inicial.
12. Deje reposar la mezcla durante 12 horas.
13. Separe la glicerina del EMAG o EEAG, ahora la glicerina es una masa gelatinosa. En la parte superior de la capa de glicerina, se encontrará una capa fina de cera sedimentada (de color crema), que no se debe mantener más en el proceso ya que esta es una de las cosas que pueden obstruir sus inyectores de combustible.
14. Lave y seque .

## **4- MÉTODO DE LAVADO DE BURBUJA DE LA UNIVERSIDAD DE IDAZO**

Este método se utiliza para un proceso de fabricación de biodiesel en dos etapas. Este combustible es altamente cáustico al final de la segunda etapa y podría dañar la bomba de alta presión de combustible, por lo que no debe ser utilizado sin lavarlo previamente. Aquí está lo que se necesitará: una vasija de plástico grande (dos veces el volumen del recipiente de reacción), una bomba de aire de acuario barata (con bastante flujo de aire), una piedra de aire grande de acuario y un poco de manguera de goma para conectar la bomba a la piedra .

El pH del EEAG de la segunda fase estará por encima de 7 (sobrasosa), que es una especie de cero en la escala de pH. La escala comprende de 0 a 14, ácido es de 0 a 7, de 7 para arriba es alcalino y el 7 mismo es neutro. Así, si se tiene, por así decir, 10 litros de un líquido con un valor de pH de 9 (2 unidades por encima de 7) y se mezcla con 10 litros de un líquido con un pH de 5 (2 unidades por debajo de 7), el resultado será un líquido con un pH de más o menos 7, lo que indicará que es neutro. Este es el truco que utiliza para lavar el EEAG.

Primero, se mide el pH del EEAG. Lleva un poco más de tiempo que con las mezclas de agua. Se escribe el valor y se preparan los recipientes de lavado; se llenan por la mitad con agua (o con el mismo volumen de EEAG que quiera lavar). Tanto el agua como el EEAG tienen que estar aproximadamente a la misma temperatura (ambiente). Ahora se lava y seca el electrodo del indicador de pH, se sumerge en el agua y se añade vinagre fuerte hasta que alcance tantas unidades sobre 7 como el pH del EEAG está sobre 7.

Se mezcla con una cuchara de madera mientras se añaden cantidades minúsculas de vinagre. Así, si el pH del EEAG es 8,7 (1,7 por encima de 7) , el agua deberá tener un pH de 5,3 (1,7 por debajo de 7). Ahora se vierte el EEAG de la segunda etapa en el recipiente, a través de la piedra de acuario y se enciende la bomba de aire. Pronto se notará una cadena de burbujas subiendo a través del EEAG llevando diminutas cantidades de agua hacia la superficie. Cuando este agua cae de nuevo, limpia los jabones y el metanol sobrante del EEAG y el vinagre neutraliza la sosa sobrante.

Se deja burbujear durante un mínimo de 6 horas. Luego se apaga la bomba y se deja sedimentar la mezcla durante 12 horas. El agua caerá al fondo, volviéndose completamente blanca y el combustible que ha elaborado parecerá ahora de un color mucho más ligero . Se saca el EEAG del recipiente, teniendo cuidado de que no lleve agua con él. Esto se puede hacer tanto con una manguera translúcida, como pegando una válvula a la pared del vaso, cerca del fondo. Ahora se calienta lentamente el EEAG lavado a 100 °C y se mantiene la temperatura hasta que no vea más burbujas de vapor ascendentes.

El pH del combustible casero será de 7 +/-0.25, es que es suficientemente bueno. Por último se debe enfriar y filtrar para luego verterlo en el depósito de combustible de su coche y conducir. En el método de dos Etapas se logra obtener Biodiesel con mejor comportamiento que un biodiesel "clásico de una etapa" e incluso mejor que el petrodiesel. 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 vitón, 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.





## **5- VENTAJAS QUE TIENE EL BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE**

1. Es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor diesel convencional
2. Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diesel de petróleo. La mezcla más común es de 20% de biodiesel con 80% diesel de petróleo, denominado "B20."
3. El ciclo biológico en la producción y el uso del Biodiesel reduce aproximadamente en 80% las emisiones de anhídrido carbónico, y casi 100% las de dióxido de azufre. La combustión de Biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemado, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono, que el diesel de petróleo y proporciona un leve incremento o decremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo motor.
4. Contiene 11% de oxígeno en peso y no contiene azufre. El uso de biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diesel de petróleo.
5. Es seguro de manejar y transportar porque es biodegradable como el azúcar, es 10 veces menos tóxico que la sal de la mesa, y tiene un flash-point de aproximadamente 150° C comparado al diesel de petróleo cuyo flash-point es de 50° C. Se degrada el 85 % en 28 días,

6. 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.

7. Desarrollo local y regional: Mejora la cohesión económica y social y posibilita la creación de puestos de trabajo. Porque puede producirse a partir, de cultivos que abundan en nuestro país, como por ejemplo la soja.

8. Es un combustible que ya ha sido probado satisfactoriamente en mas de 15 millones de Km. en EE.UU. y por mas de 20 años en Europa.

9. Los olores de la combustión en los motores diesel por parte del diesel de petróleo, son reemplazados por el aroma de las palomitas de maíz o papas fritas.

10. La Oficina de Presupuesto Del Congreso, y el Departamento Americano de Agricultura, junto con otros organismos han determinado que el Biodiesel es la opción mas económica de combustible alternativo que reúne todos los requisitos del Energy Policy Act.

11. Posee efectos positivos para la salud, ya que reduce compuestos cancerígenos

12. 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.

13. 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.

14. Supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.



## **6- ESTUDIO DE ALGUNOS PARÁMETROS PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL**

Trabajo presentado en el Congreso Argentino de Ingeniería Rural

(Balcarce, mayo de 2003)

### ***6.1-Materiales y Métodos***

Los reactivos utilizados serán los que están disponibles en forma comercial para este proceso similar a los que podría usar un productor o cooperativa agrícola, así se puede usar KOH al 99% de pureza de uso comercial en escamas, alcohol metílico industrial y aceite de soja con un índice de acidez de 1, utilizándose para estimar el Ph papel tornasol. El procedimiento a seguir es para la obtención de metóxido de potasio mediante la mezcla de alcohol con KOH a una temperatura de 35°C hasta total disolución.

Para luego ser agregado al aceite con agitado en forma intensa a una temperatura entre 45 y 50 °C. Los tratamientos realizados consisten en tres tiempos de agitado (30, 60 y 90 minutos), tres concentraciones de KOH (2,5, 3,5 y 5%), tres concentraciones de alcohol (10, 15 y 20%), dos tiempos de decantación (24 hrs. y una semana) y una segunda extracción para todos los tratamientos que correspondieron a 24 hrs. de decantación. La variable respuesta es la cantidad de glicerina precipitada como indicador de la eficiencia del proceso (Canakci, M; VanGerpen, J. 1999).

Cada muestra tiene un volumen de 200 ml de aceite más el agregado del metóxido de potasio que corresponde a cada tratamiento. Luego de procesadas serán dispuestas en probetas graduadas de 100 ml a manera de medir la decantación de glicerina producida con mayor precisión. Para cada tratamiento se realizan dos repeticiones, a excepción de las destinadas a una segunda extracción (24 hrs.). Se realizaron 4 muestras de manera de utilizar dos para el siguiente ensayo de segunda extracción.

La segunda extracción se realiza con la misma concentración de reactivos relevándose la producción de glicerina nuevamente a las 24 hrs. posteriores, totalizando así 48 hrs. desde la primer extracción. El diseño utilizado permite analizar en forma separada la extracción en una etapa, en dos etapas y la producción total. De esta forma quedan conformados 24 tratamientos de la siguiente forma:

T1 (B 30 24), T3 (B 60 24), T5 (B 90 24) y T7 (B 120 24): 2,5% HOK, 10% de alcohol metílico con 30, 60, 90 y 120 minutos de agitación respectivamente y 24 hrs. de decantación. Los mismos tratamientos se someten a una segunda extracción con iguales concentraciones de reactivos.

T2 (B 30 S), T4 (B 60 S), T6 (B 90 S) y T8 (B 120 S): Igual a T1, T3, T5 y T7 pero con una semana de decantación.

T9 (M 30 24), T11 (M 60 24), T13 (M 90 24) y T15 (M 120 24): 3,5% HOK, 15% de alcohol metílico con 30, 60, 90 y 120 minutos de agitación respectivamente y 24 hs de decantación. Los mismos tratamientos se someten a una segunda extracción con iguales concentraciones de reactivos.

T10 (M 30 S), T12 (M 60 S), T14 (M 90 S), T16 (M 120 S), Igual a T9, T11, T13 y T15 pero con una semana de decantación.

T17 (A 30 24), T19 (A 60 24), T21 (A 90 24) y T23 (A 120 24): 5% HOK, 20% de alcohol metílico con 30, 60, 90 y 120 minutos de agitación respectivamente y 24 hrs. de decantación. Los mismos tratamientos se someten a una segunda extracción con iguales concentraciones de reactivos.

T18 (A 30 S), T20 (A 60 S), T22 (A 90 S), T24 (A 120 S): Igual a T17, T19, T21 y T23 pero con una semana de decantación.

Las muestras destinadas a la segunda extracción eran previamente separada y medida la glicerina de los tubos.

Los tratamientos con menores concentraciones son los únicos que presentaron diferencias en la decantación en función del tiempo, lo que indica que la reacción continúa produciéndose en forma más lenta, mientras que para concentraciones superiores a 3,5% y 15% la reacción no necesita más de 24 hrs. de decantación para expresar sus valores máximos, a excepción de A 90 24/S donde posiblemente se deba a algún error de procedimiento.

Al analizar los tiempos de agitación se puede observar que los mismos influyen en forma diferente dependiendo de la concentración utilizada, así con bajas concentraciones no se detectan diferencias por efecto de la agitación (B 30, 60, 90 y 120) , un panorama similar se visualiza con las concentraciones mayores (A 30, 60 y 120) a excepción de A 90 24/S donde probablemente haya existido algún error de procedimiento.

Es interesante analizar lo sucedido con las concentraciones intermedias, que presentan un máximo a los 60 minutos de agitación (M 60) para disminuir en los otros tiempos (M 30, 90 y 120) no encontrándose diferencias significativas entre ellos, posiblemente 30 minutos no fue suficiente tiempo de reacción y el comportamiento a los 120 minutos se deba a que el alcohol se haya evaporado en el proceso.

En las condiciones del ensayo la agitación se producía a presión atmosférica con temperaturas de 45 - 50 °C. Considerando el punto de ebullición del alcohol de 70°C, existió suficiente tiempo para su eliminación. Siempre a nivel de la primera extracción, las mejores eficiencias se detectan con las mayores concentraciones que difieren significativamente de las otras. Uno de los motivos de su mejor respuesta puede deberse a la mayor cantidad de álcali empleado.

Si bien para aceites neutros se recomienda el empleo del 3,5 % como suficiente, el aceite empleado correspondía a un índice de acidez de 1, siendo el ideal de 0,5, el pH medido en laboratorio mediante papel tornasol, un método poco preciso, indico valores de acidez de alrededor de pH 6 y no fue titulado con KOH. Probablemente, para este caso, a pesar de utilizar un aceite de buena calidad la proporción de 3,5% de KOH no haya sido suficiente para provocar un ambiente de pH 8,5 necesario para que se produzca la reacción.



Cuando se analiza sobre la mitad de las muestras lo sucedido con la segunda extracción se debe tener en cuenta que el Ester producido tiene presente alcohol y ya ha virado su pH en alguna medida produciéndose las mayores extracciones con los reactivos en las concentraciones intermedias.

Si bien en todos los casos se observa formación de glicerina, los menores valores detectados son con las mayores concentraciones, posiblemente sea debido a que la mayor parte del aceite ya se encuentra transesterificado. Al analizar el resultado final como la suma del proceso de ambas extracciones se puede observar que los tratamientos que mejor respuesta de extracción tuvieron fueron el M 60, A 30 y M 30.

El razonamiento que se llegó en este experimento fue:

En ningún caso se consiguió transesterificar la totalidad del aceite con una sola extracción, lo que indica la conveniencia de esta metodología. Tiempos de agitado mayores a los 60 minutos y tiempos de decantación superiores a las 24 hrs no mejoraron la producción de glicerina con concentraciones medias y altas. Las concentraciones más bajas utilizadas en el ensayo no consiguieron esterificar la totalidad del aceite en ningún caso. Se debería evaluar el método de dos extracciones con concentraciones de reactivos diferentes entre ambas.



## **7- MÉTODO DE TITRADO PARA UN ACEITE USADO**

### **7.1-CANTIDADES MÍNIMAS DE CATALIZADOR PARA UN ACEITE NUEVO( sin ser cocinado nunca)**

1. Cuando se usa alcohol metílico, 3.5 gramos de hidróxido de sodio por litro de aceite.
2. Cuando se usa alcohol etílico anhidro, 9 gramos de hidróxido de potasio por litro de aceite.

### **TITRADO**

La clave para un buen biodiesel es el correcto titrado del aceite usado. La titración se utiliza para aceites usados. Mediante el titrado se determina cuanto catalizador debemos usar para lograr una correcta transesterificación. Hay un mínimo de catalizador que debe usarse,(para un aceite nuevo), nunca se usa menos que este mínimo. Pero puede darse el caso que la acidez del aceite amerite usar mayor cantidad de catalizador , como es el caso muy frecuente de los aceites usados.

En el caso de que esto sea necesario, el titrado dirá cuanto catalizador adicional debe utilizarse. La cantidad mínima de catalizador dependerá del alcohol y del catalizador que se usen. Si usa alcohol metílico, corresponde usar hidróxido de sodio como catalizador, y si usa alcohol etílico anhidro, corresponde usar hidróxido de potasio como catalizador. Para titular necesitamos medir como cambia la acidez del aceite a medida que le agregamos catalizador. Para esto necesitamos algo que nos indique ese cambio.

Como indicador del cambio de acidez se uso una solución al 1% de fenolftaleina en alcohol etílico. Esta puede obtenerse en cualquier farmacia o droguería. Se usan unas pocas gotas por titrado, por lo que una pequeña cantidad servirá para hacer muchos litros de biodiesel. La fenolftaleina tiene la particularidad que a partir de un pH 7, que es considerado como valor neutro, tiñe la solución de un rosado cada vez mas intenso a medida que el pH se hace cada vez mas básico.

Gracias a esta particularidad se puede determinar cuanto catalizador hará falta para que el aceite pase de ácido a ligeramente básico. Un color rosado tenue corresponde a un pH de aproximadamente 8, o sea ligeramente básico, que es lo que buscamos. A medida que el medio se hace mas básico, el color cambiara a un rosado/púrpura intenso, que corresponde a un pH de aproximadamente 10, demasiado básico para nuestro propósito.

## **7.2 - TITRADO PARA METANOL E HIDRÓXIDO DE SODIO**

Se prepara una solución de hidróxido de sodio al uno por mil (0.1%) en agua destilada. Para esto se disuelve un gramo de hidróxido de sodio en un litro de agua destilada. (Si no se tuviera acceso a una balanza de precisión para pesar un gramo con exactitud, se pueden disolver diez gramos de hidróxido de sodio en un litro de agua destilada, y en un segundo paso disolver 100 mililitros de esta solución en un litro de agua destilada.)

A continuación se mezcla en un recipiente de vidrio un mililitro del aceite que queremos titrar, con nueve mililitros de alcohol izo propílico que podemos adquirir en cualquier farmacia. Se debe agitar hasta lograr que se mezclen los dos componentes. A esta solución de aceite y alcohol izo propílico le agregamos diez gotas de la solución de fenolftaleina, agitando hasta que se mezclen. Si aparece un tono rosado tenue, damos por terminado el titrado.

El tono rosado durar unos pocos segundos. La solución de fenolftaleina nos esta indicando que la mezcla de aceite con alcohol que estamos titrando no es ácida, y que su pH esta por encima de siete, o sea que es ligeramente básica. Si la solución del aceite a titrar con alcohol izo propílico no cambia de color, significa que el aceite es ácido, y que debemos continuar con la prueba de titrado. Agregamos entonces a la solución aceite / alcohol / fenolftaleina un mililitro de la solución hidróxido de sodio/agua, y tomamos nota de esto.

Si se observa la tonalidad rosada tenue, se dà por terminado el titrado. Caso contrario agregamos otro mililitro, y tomamos nota. Cuando se observa el tono rosado tenue, se suman los mililitros de la solución hidróxido de sodio/agua que fueron necesarios para esto. La cantidad de mililitros agregados será exactamente igual a la cantidad de gramos de hidróxido de sodio que habrá que agregar a la cantidad m'nima de catalizador, para lograr una correcta transesterificaciòn.

Ejemplo: para el hidróxido de sodio: Supongamos que fue necesario agregar dos mililitros de solución hidróxido de sodio/agua para que la solución aceite /alcohol / fenolftaleina tomara un tono rosado tenue. Esto significa que a los 3.5 gramos de hidróxido de sodio que es nuestro mínimo, habrá que agregar dos gramos mas, o sea que en total usaremos 5.5 gramos de hidróxido de sodio por litro de aceite. Si en el ejemplo que antecede, fuéramos a usar veinte litros de aceite usaríamos  $20 \times 5.5 = 110$  gramos de hidróxido de sodio en total.

### **7.3 -TITRADO PARA ETANOL ANHIDRO E HIDRÓXIDO DE POTASIO**

El titrado para etanol anhidro e hidróxido de potasio es similar al titrado para metanol e hidróxido de sodio. La única diferencia reside en que la cantidad mínima de hidróxido de potasio es 9 gramos por litro de aceite, y que los gramos adicionales se agregaran a este valor.

Se prepara una solución al uno por mil de hidróxido de potasio en agua destilada, que se agrega de la misma forma, un mililitro a la vez.

Igualmente se prepara la misma solución de un mililitro del aceite a titrar en nueve mililitros de alcohol izo propílico.

A esta solución se le agregan diez gotas de la solución de fenolftaleina. Como se puede ver, el procedimiento es similar para los dos tipos de catalizadores. Lo único que cambia es la cantidad mínima de cada tipo de catalizador, al que se le agregarán los gramos adicionales necesarios para neutralizar la acidez del aceite, si eso fuera necesario. Damos un ejemplo para el hidróxido de potasio: Supongamos que fue necesario agregar dos mililitros de la solución hidróxido de potasio/agua a la solución de aceite / alcohol / fenolftaleina para lograr el tono rosado teñido.

Esto significa que a los 9 gramos de hidróxido de potasio que es el mínimo, habrá que agregar dos gramos mas, o sea que en total usaremos 11 gramos de hidróxido de potasio por litro de aceite. Si en el ejemplo que antecede, se fuera a usar veinte litros de aceite se usarían  $20 \times 11 = 220$  gramos de hidróxido de potasio en total.

**Figura # 3** Escala para medir la sosa y los productos químicos usados para la valoración.



**Figura # 4** aceite usado que va a ser valorado.



**Figura # 5** Color del liquido valorado cuando tiene el pH correcto.



**Figura # 6** Pesando la cantidad correcta de sosa

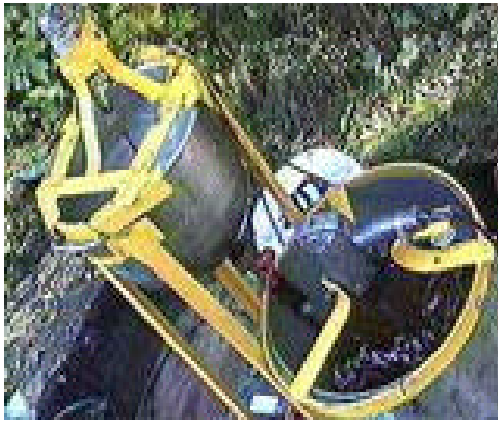


**Figura # 7** Quemador bajo la vasija de transesterificaciòn





**Figura # 8** Vista del mezclador de metóxido sódico (izquierda) y la vasija de transesterificación (derecha).



**Figura # 9** Vista del mezclador de metóxido sódico vaciándose en la vasija de transesterificación (advértase el termómetro).



**Figura # 10** Válvula en el fondo de la vasija de transesterificación utilizada para decantar la glicerina (mas densa) de los esteres ( menos densos ).



**Figura # 11** Bomba de fuel - combustible - y filtros -- se usan después, tras sacar del biodiesel las sedimentaciones de residuos jabonosos y sosa.

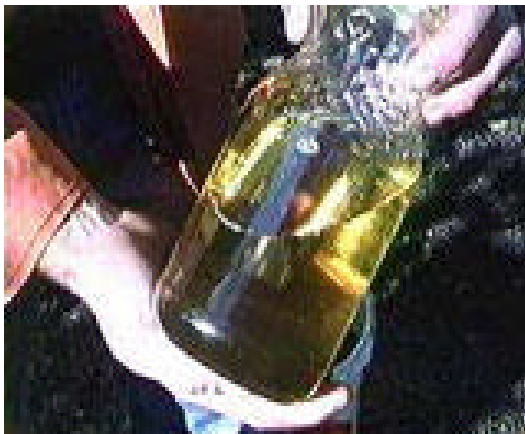


**Figura # 12** Vista general del procesador montado en el trailer.



El tanque de propano es para calentar la grasa, los contenedores de PVC de cada lado son tanques de sedimentación de jabón por biodiesel previamente a bombear a través de los filtros. La línea de recogida para la bomba de filtro esta insertada en el tanque solamente a la profundidad suficiente para extraer por sifón los esteres y no los jabones del fondo.

**Figura # 13** El producto finalizado.



**Figura # 14** Equipo para 18.9 litros de Biodiesel.



El consumo mundial de biocarburantes se cifra en torno a 17 millones de toneladas anuales, correspondiendo la práctica totalidad de la producción y consumo al bioetanol. Brasil, con alrededor de 90 millones de toneladas anuales y Estados Unidos, con una producción estimada para este año de casi 50 millones de toneladas, son los países más importantes en la producción y uso de biocarburantes. En Brasil el bioetanol se obtiene de la caña de azúcar y su utilización se realiza principalmente en mezclas al 20% con la gasolina.

En Estados Unidos el bioetanol se produce a partir del maíz y se emplea en mezclas con gasolina, generalmente al 10%. En la actualidad, este último país ha sustituido casi el 2% de su gasolina por bioetanol. La utilización de biocarburantes permitirá reducir el coste del combustible y generará empleo rural, gracias a la implantación de las industrias necesarias. Asimismo, la introducción de los cultivos destinados a este producto supondrá una alternativa de renta para los agricultores.

El presidente de la American Soybean Association (Asociación Estadounidense del Poroto de Soja), señaló que es posible mezclar el biodiesel con el diesel común en cualquier proporción; también puede utilizarse solo. "Tiene casi la misma cantidad de energía que el diesel derivado del petróleo". El uso de biodiesel limpia los inyectores de

combustible del motor y reduce la cantidad de cambios de aceite requeridos, según la eliminación del azufre también reduce la lubricidad del combustible.

Los productores de diesel deberán recuperar esa lubricidad para evitar atascamientos del motor; el biodiesel podría ser un buen aditivo, ( 2 por ciento de biodiesel restaura la lubricidad). Si las refinerías de diesel incorporaran el 2 por ciento de biodiesel a sus productos. De ese modo, se lograría la economía de escala necesaria para disminuir el precio del combustible renovable para el público

Y hacia esto apuntan las tendencias iniciadas en el siglo XX, para la utilización de energías renovables como la Fotovoltaica o Solar, Eólica, biogas, bio-masa (Utilización de residuos agro-industriales como combustibles, leña procesada, leña que por supuesto aun se utiliza en la manera tradicional), bio-etanol, bio-diesel y también hidroeléctricas.

Los países europeos son las que mas han avanzado en el tema, los EE.UU. y en Latinoamérica, Brasil, Uruguay y Argentina llevan la delantera, con muchos años de experiencia. Es pues para Guatemala un desafío el enfrentar de manera sólida, inteligente y decidida el desarrollo de las energía renovables, y mas aun en aquellas formas de la energía cuya tecnología y obtención de materia prima sea accesible a bajo costo, o sea sujeta de desarrollo propio, y que esto impacte de manera positiva también el medio ambiente y la economía nacional y del consumidor particular.



## **8-FABRICACIÓN INDUSTRIAL DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE NUEVO, EN LA PLANTA OIL FOX S.A. Chabás, Provincia de Santa Fe, Argentina**

La fabricación a nivel industrial no difiere a grandes rasgos con el proceso casero. Se trata de una reacción de transesterificación, al igual que antes, solo que con algunas pequeñas diferencias ya que se trabaja con más cantidad de producto, con maquinaria para automatizar el proceso y se busca una mayor eficiencia a lo largo de este. Cada fábrica presenta una manera distinta de disponer sus instalaciones y realizar los diferentes pasos de la fabricación. OIL FOX S.A. que se encuentra en la localidad de Chabás, Provincia de Santa Fe, Argentina.

Se dedica, entre otras actividades, a la elaboración, distribución y comercialización de Biodiesel y otros derivados de su proceso de fabricación. Posee una capacidad de producción de biodiesel de 3000 m<sup>3</sup>/mes. Y como ejemplo del proceso a partir de aceites usados explicaré la de STOCKS DEL VALLÈS S.L. que fue la planta que visité, esta se encuentra en Montmeló y tiene una capacidad de producción actualmente de 6.000 t/año .

En esta planta se sigue el proceso de transesterificación del aceite obtenido primero de las oleaginosas, las cuales primero son convertidas en aceite y luego en biodiesel.

### Descripción de la planta

La descripción de cada módulo de la planta es la siguiente:

#### a) Molino de aceite.

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 catalítica mente, 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.



## Proceso

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.

El aceite es inicialmente calentado a la temperatura de proceso óptima, y se agregan cantidades necesarias de metanol o etanol y catalizador. Luego de ser mezclado, el producto es transportado hacia dos columnas conectadas en serie. La transesterificación tiene lugar en esas columnas y la glicerina pura es liberada mediante decantación.

Los ésteres son lavados dos veces con agua acidificada. La glicerina obtenida es separada de los ésteres en pocos segundos, de ese modo es posible obtener biodiesel de muy alta calidad, el cual cumple con todos los requerimientos de las normas estándar americanas. El glicerol para ser utilizado debe ser refinado.

## 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 di glicéridos y restos de metanol o etanol.

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

Descripción de la tecnología de la planta

## **Predio de instalaciones de la planta**

La unidad de transesterificación incluye contenedores operativos de pre-almacenamiento para la materia prima, productos intermedios y finales. El metanol o etanol, glicerol, producto derivado, y el metiléster terminados, son almacenados en el patio de tanques fuera de la planta. La estructura principal del complejo comprende 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, etc.

Planta de transesterificación con proceso integrado de eliminación de gomas y ácidos. Para grandes unidades y en el caso que 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 libres. 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. La planta de transesterificación comprende aparatos y componentes convencionales utilizados en la ingeniería química. Debido a su categorización como líquido inflamable Clase B, el metanol o etanol 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. 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 o etanol/agua del aceite pre-esterificado en el separador, este es transesterificado con un catalizador homogéneo y un componente adicional de metanol o etanol en un proceso multietapa mediante un mezclador.

Después de la transesterificación, el exceso de metanol o etanol es separado por evaporación y el calor de condensación del metanol o etanol es utilizado para calentar los conductos. La mezcla de metiléster o etiléster-glicerol se separa del glicerol crudo en un separador, antes de la posterior limpieza del metil o etiléster adicional. El metil o etiléster 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. El metanol o etanol en exceso de la etapa de pre-esterificación se deshidrata en vacío y, como el metanol o etanol separado luego de la etapa de transesterificación, puede ser reprocesado para su reutilización en la reacción. Hay zonas a prueba de incendios en determinadas partes de la planta de transesterificación debido a la presencia de metanol o etanol; 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. Está provista de aparatos locales de limpieza de partículas por aspiración. El sistema de ventilación central se instala en el anexo de mantenimiento.

## Descripción general de las Instalaciones

La sección de transesterificación se encuentra en un sector parcialmente abierto del recinto, que es la medida más adecuada para minimizar riesgos operacionales. Como protección contra pérdidas y 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 está 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.

El patio de tanques para depósito de líquidos inflamables y biodiesel se ubican fuera del edificio principal. En el área subterránea se encuentran 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 al patio de tanques.

## **9- FABRICACIÓN INDUSTRIAL DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE USADO, EN LA PLANTA Stocks del Vallès DE ESPAÑA Instalaciones de Stoks del Vallès**

Esta Planta se encuentra en El Pedregal de Motmeló. Este proyecto comenzó a gestarse en el año 2001 con el objetivo de reaprovechar de una forma eficiente los aceites de freír que hasta ahora, una vez utilizados, se destinaban a la fabricación de piensos para alimentación animal, o peor aún iban a parar a los desagües. En España dos terceras partes del aceite utilizado acaban en las alcantarillas, encareciendo y complicando el tratamiento de las aguas residuales. Al llegar a las depuradoras, los restos de aceite dificultan el funcionamiento de los depósitos de aireación.

Además, cuando el aceite que no se ha podido eliminar acaba en los ríos forma una película superficial que impide el intercambio normal de oxígeno y altera el ecosistema, un solo litro de aceite puede contaminar 1.000 litros de agua. La iniciativa de abandonar el uso de los aceites de freír en la producción de piensos se aceleró en el año 2000 después de la aparición de la crisis alimenticia de los pollos belgas (alimentados con piensos en los que se había mezclado aceite frito).

Y en noviembre de ese mismo año, la junta de residuos publicó una convocatoria para la selección de proyectos y se comprometió a otorgar una subvención de hasta el 20% de las inversiones en instalaciones que transformasen el aceite usado en biocombustible. Los proyectos seleccionados fueron Bionet Europa y Stocks del Vallès. Durante el año 2002 la empresa Stocks del Vallès fue la primera empresa del Estado español que inició la producción de Biodiesel y en febrero del 2003, se asoció con la empresa distribuidora de carburantes Petromiralles, que fue la

primera empresa del estado que inició la distribución al por mayor y menor, para que pueda llegar a todos los usuarios.

### **Instalaciones de Stocks del Vallès vistas desde fuera**

Stocks del Vallès S.A., comercialmente “BDP Biodiesel Peninsular”, produce Biodiesel del tipo FAME, utilizando como materia prima los aceites vegetales usados, procedentes de gestores de residuos autorizados que recolectan dichos aceites en restaurantes, bares, empresas de catering, industrias de alimentación, comedores colectivos (hospitales, escuelas, empresas...), así como de los puntos verdes o centros de recogida.

Sector de restaurantes y pequeños productores: Este sector está formado por el conjunto de cocinas, bares, restaurantes, escuelas, hospitales, etc., que generan una pequeña cantidad de aceite, pero no por eso despreciable. El servicio de recogida se basa en la retirada periódica y gratuita de aceites en bidones y garrafas que CAVISA suministra directamente a los locales que lo deseen. Se establece una periodicidad en función del volumen de aceite que cada establecimiento genera.

Centros de recogida de residuos: Estas instalaciones disponen de un espacio destinado a un contenedor de 1.000 litros que sirve para la recepción de aceites de cocina usados. Los ciudadanos que generen este tipo de residuos pueden depositarlo en estos contenedores dirigiéndose a cualquier punto verde de la ciudad o en algunos mercados. CAVISA presta servicio a unos 4.800 productores de más de 230 municipios de Cataluña, así como a una cincuentena de centros de recogida de residuos y una decena de mercados municipales donde hay contenedores de recogida selectiva de aceites.

Los aceites recogidos ya sean de industrias, de restaurantes o centros de recogida, se transportan a las instalaciones de la empresa Hijos de Canuto Vila S.A. para ser sometidos a pretratamiento, antes de su transformación total en biodiesel. De esta manera, el aceite se filtra, se decanta y se centrifuga para quitarle todas las partículas, restos de alimentos y el agua que contiene. Una vez refinado, este aceite se traslada a la planta de BDP donde se completa el proceso con la esterificación, depuración y secado final.

Los productos que se utilizaran se almacenan en unos contenedores separados de la planta. Aquí también hay unos depósitos de agua a diferentes temperaturas que luego será utilizada durante el proceso. Constituyen la instalación diversas unidades en las cuales se llevan a cabo las diferentes fases del proceso: unidad de preesterificación, sistema de mezcla de metanol-catalizador, unidad de transesterificación, unidad de recuperación de metanol, unidad de limpieza del biodiesel y unidad de neutralización de la fase de glicerina. Stocks del Vallès esta asociada con BDPeninsular

Se trata de un proceso cerrado que no genera emisiones ni efluentes de ningún tipo. Solamente las producidas por el motor de combustible fósil que mueve la maquinaria, ya que, el biodiesel tiene permiso para ser utilizado en automóviles pero no en maquinarias por lo que la empresa esta obligada a comprar combustible a sus competidores contaminantes. Igualmente la aportación de energía es bastante reducida. Los productos que se obtienen son aprovechados y no hay residuos de ningún tipo.

El metanol separado, ya que en un principio se introduce en exceso, se puede reutilizar en el proceso de transesterificación, la glicerina producida se vende a empresas de cosmética sin purificar, ya que por la cantidad que se produce, no les salía rentable instalar un sistema de purificación de la misma. Y por último, el residuo potásico se comercializa como abono. Esto tiene la ventaja de que todos los productos son vendidos y de ellos se obtiene un beneficio y además no tienen que gestionar ningún tipo de residuo final.

El biodiesel que se obtiene es tratado químicamente y físicamente para extraerle todas las impurezas, ya que contiene restos de glicerina y metanol. Por medio de diversos procesos de extracción y destilación, se consigue un producto que cumple con todos los parámetros marcados por la norma alemana DIN 51606. Se sigue esta norma ya que Alemania es el país europeo que más tradición de biodiesel tiene, por eso cuenta desde ya hace tiempo con una regularización establecida; y Stocks sigue esta normativa hasta que entre en vigor la europea, que se está preparando.

Para controlar la planta, conseguir la máxima seguridad y uniformizar la calidad del producto final, el procedimiento completo está controlado automáticamente. La visualización del proceso mediante un sistema informático permite el monitoreo y la interacción, si es necesario, de manera manual. La tecnología permite al usuario optimizar todas las operaciones por medio de un único sistema, desde el control del procesamiento hasta la gestión de la calidad final del producto.



En todo momento el proceso se para si existe algún tipo de error o la última fase no tuvo un buen resultado y en este caso se puede repetir la misma. Otra de las características de estas instalaciones es que, por los productos que manejan es de gran riesgo, por lo que las normas de seguridad son muy estrictas. Por ejemplo, si se produce algún tipo de fuga y el nivel de metanol en el aire superaba el 10%, un sistema de extracción vaciaba la planta de aire y las máquinas se paraban hasta que el problema se solucionara.

Esta planta está diseñada para operar las 24 hrs del día durante 330 días al año. Durante un período inicial tiene una capacidad de producción anual de 6.000 toneladas de carburante, luego esta capacidad puede ampliarse hasta las 18.000 como esta previsto hacer posteriormente. Para la puesta en funcionamiento se ha hecho una inversión de 3.606.000 €. La producción anual de glicerina es de unas 500 toneladas anuales y la de adobo rico en potasio, de unas 100 toneladas anuales.

En Cataluña se han realizados experiencias desde el año 1992. Estas han dado resultados bastante positivos y han demostrados la viabilidad técnica, económica y ambiental del biodiesel. Luego de estos resultados positivos el mercado se fue ampliando. Desde febrero del 2003 entró en funcionamiento la primera gasolinera del estado que suministraba biodiesel al usuario privado. Esta inauguración tubo lugar cerca de las elecciones municipales de Cataluña salió en bastantes medios de comunicación, por lo que el producto comenzó a ser conocido.

Igualmente el mercado comenzó a ampliarse rápidamente puesto que el producto fue bien aceptado y actualmente Petromiralles piensa abrir 20 gasolineras más que vendan biodiesel. La alta demanda de este combustible hará que Stocks del Vallès triplique su producción, pero para esto es necesario conseguir más fuentes de aceite o grasas animales para poder producir más biodiesel. El único inconveniente de este producto es su elevado precio de producción, ya que para una petrolera el precio del diesel es de 0,18€, lo demás hasta el precio final son impuestos y márgenes de beneficio.

En cambio para el biodiesel se tienen unos costos de recogida de 0,24€ a esta cifra se le ha de agregar los impuestos y la fabricación. Por lo tanto, el precio final del biodiesel sería el doble del diesel mineral. En estas condiciones nadie se podría permitir comprar este combustible ecológico. Pero siendo consciente de la necesidad de promocionar las energías renovables, el gobierno central ha concedido una excepción del impuesto especial para hidrocarburos, puesto que no se trata de un hidrocarburo inclusive, y gracias a esto pueden salir al mercado al mismo precio que el diesel mineral y ser competitivos.

Esta excepción genera un recelo por parte de las compañías petroleras y estas mismas son las que están pendientes de cualquier error o problema que tengan en la producción de biodiesel para poder quitarlos del mercado, por lo que intentan no cometer ningún tipo de error para poder seguir produciendo e intentando que el biodiesel prospere.

## **10 - PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN UN ÁREA RURAL DE ARGENTINA UTILIZADO PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

La ingeniería básica y los equipos fueron suministrados a fines de 2002 por ABATEC SA, empresa de ingeniería también de Argentina. El conjunto productivo que se diseñó está dividido en dos etapas:

- prensado de semilla oleaginosa para obtener expeler rico y aceite
- reactor BIO2 para fabricación de biodiesel y glicerol a partir del aceite obtenido

La etapa de prensado incluye un partidador de girasol con motor de 2HP, una prensa a tornillo Tinytech de 10HP, para 3000 kg/día de semilla oleaginosa y un filtro prensa de 12 placas para máxima purificación del aceite. Cabe señalar que este aceite de girasol obtenido por primera prensada (sin químicos) y así filtrado, queda listo para consumir o procesar. Actualmente se está obteniendo un rendimiento del 40%. El expeler de girasol, producido simultáneamente, contiene un 8-10% de aceite residual y se emplea con gran resultado en la alimentación del ganado.

La etapa de fabricación de biodiesel comprende un reactor presurizado tipo BIO2 para 400 L/día, en dos mezclas con proceso base. El catalizador usado es Hidróxido de potasio granulado agregada al alcohol etílico grado industrial. También se obtiene 80 L/día de glicerol de alta calidad. El combustible, que sale ya filtrado a 5 micrones, se almacena en bidones de 200L y con el mismo funciona el grupo electrógeno que abastece todo el campo, el tractor, la camioneta y el auto del productor. El glicerol también se aprovecha en el campo como desengrasante de alta calidad o detergente biodegradable, aunque ya nos ha consultado acerca del proceso simple para extraer glicerina industrial. Cabe señalar acá que, en función del rinde promedio del girasol en la zona, empleando un 3% de la semilla cosechada se puede obtener todo el biodiesel necesario para cultivar el 100% del campo durante un año. Estos reactores se están utilizando también con aceite comestible usado en España, Argentina, UK, USA, Corea, Holanda y Portugal.

## **11- PLANTA PILOTO QUE FUE APROBADA EN ARGENTINA EL 16 DE MARZO DE 2004 PARA LA CORPORACIÓN ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE NAVARRA, S.A.,**

El proyecto plantea la construcción en una parcela de 34.000 m<sup>2</sup>, en el paraje "El Saso", en término municipal de Caparroso, y a unos 3,5 km del núcleo urbano de dicha población, de una planta para producción de biodiesel a partir de materias primas regenerables como aceites de girasol, colza y palma, y además, se obtendrán como coproductos glicerina de calidades farmacéutica e industrial y pastas jabonosas. La zona urbanizada cubrirá una superficie rectangular con dimensiones aproximadas de 130 x 90 m<sup>2</sup>.

La planta constará de las siguientes edificaciones, recintos e instalaciones:

1) Edificio en dos alturas que incluirá oficinas, sala de control, sala eléctrica, vestuarios, aseos, laboratorio, sala de gases, almacén y cuarto de limpieza.

2) Edificio de proceso número 1 (Ex), con estructura metálica vista, de planta rectangular 20 x 10 m<sup>2</sup> y adosado lateral 6 x 3 para escalera de acceso, y 3 plantas con altura total 13,5 m.

3) Edificio de proceso número 2 (No Ex), con estructura metálica vista, de planta rectangular 35 x 10 m<sup>2</sup> y adosado lateral 7 x 3 para escalera de acceso, y 6 plantas con altura total 26,6 m.

4) Edificio con dimensiones en planta 19 x 4 m, para taller, almacén y compresores para aire comprimido. El sistema de aire comprimido proporciona aire de instrumentación mediante un compresor de tornillo (caudal 130 Nm<sup>3</sup>/h y potencia 20 Kw), y aire de planta mediante dos compresores de tornillo (caudal 500 Nm<sup>3</sup>/h y potencia 65 Kw).

5) Edificio con dimensiones en planta 10 x 10 m<sup>2</sup>, para caldera de producción de vapor de potencia 3 MW, que usará gas natural para producir 4 Tm/h de vapor.

6) Planta piloto que es un laboratorio experimental para producir biodiesel a muy pequeña escala, que estará formado por dos euro contenedores ocupando una superficie total de 42 m<sup>2</sup>. Consume unos 0,12 m<sup>3</sup>/día de metanol, y requiere cargar su depósito de 10 m<sup>3</sup> de metanol, aproximadamente cada 80 días.

7) Instalación de nitrógeno para crear atmósfera inerte en depósitos de metanol y metóxido sódico: batería de botellas de nitrógeno licuado.

8) Edificio del centro de transformación que albergará dos transformadores de 800 KVA. La potencia total instalada será 985 Kw.

9) 3 torres de refrigeración de ventilador axial para cerrar circuitos de agua de enfriamiento necesaria en los diferentes procesos de la planta.

10) Área de depósitos de almacenamiento de aceites vegetales y biodiesel, dotada de cubeto estanco de retención, que albergará los siguientes depósitos:

4 depósitos de 1.000 m<sup>3</sup> y 3 de 500 m<sup>3</sup> para aceites.

2 depósitos de 1.000 m<sup>3</sup> y 4 de 500 m<sup>3</sup> para biodiesel.

11) Área de depósitos de almacenamiento de otras materias primas y productos, dotada de cubeto estanco de retención, que albergará los siguientes depósitos:

2 depósitos de 100 m<sup>3</sup> para metanol.

2 depósitos de 20 m<sup>3</sup> para metóxido sódico.

2 depósitos de 100 m<sup>3</sup>, 2 de 50 m<sup>3</sup> y 1 de 20 m<sup>3</sup> para glicerinas.

2 depósitos de 100 m<sup>3</sup> y 2 de 20 m<sup>3</sup> para pastas jabonosas.

1 depósito de 4 m<sup>3</sup> para ácido cítrico.

1 depósito de 4 m<sup>3</sup> para ácido fosfórico.

1 depósito de 20 m<sup>3</sup> para sosa cáustica.

1 depósito de 20 m<sup>3</sup> para ácido clorhídrico.

12) Zonas de cargaderos de aceites, biodiesel, glicerinas, pastas jabonosas y productos corrosivos.

13) Planta para el tratamiento del agua bruta de abastecimiento que es tomada del canal de derivación de la central eléctrica de EHN en Caparroso, que procede del río Aragón, y se somete a un tratamiento físico-químico (ajuste de pH, coagulación, floculación, decantación laminar y filtración de sólidos). Adicionalmente, el agua de aporte a caldera de vapor y planta piloto es previamente desmineralizada.

14) Planta depuradora de aguas residuales industriales, fecales y pluviales contaminadas, mediante pretratamiento (flotación DAF) y tratamiento biológico de fangos activados tipo SBR.

15) Instalación de neutralización de los vertidos de purgas de caldera y regeneración de cadena desmineralizadora.

16) Recinto para el almacenamiento del residuo de destilación de glicerina.

17) Balsa de 5.000 m<sup>3</sup> para almacenamiento de las aguas pluviales limpias y el agua bruta del río Aragón, que abastecerá a la planta de tratamiento de agua bruta, a la red de agua contra incendios y a la red de agua de riego.

18) Las materias primas y otros productos consumidos en el proceso, y sus cantidades señaladas a modo orientativo, serán los siguientes:

Aceites vegetales crudos, 36.800 Tm/año (110 Tm/día) de los cuales serán:

a) 21.300 Tm/año de girasol, procedente en un 23% de Navarra.

b) 8.500 Tm/año de colza, un 20% de Navarra.

c) 1.700 Tm/año de oleína de palma refinada.

d) Metanol, 9,3 Tm/día.

e) Metóxido sódico, 2,5 Tm/día.

f) Hidróxido sódico al 50%, 3,8 Tm/día.

g) Ácido clorhídrico al 30%, 1,2 Tm/día.

h) Ácido fosfórico al 80%, 0,5 Tm/día.



- i) Ácido cítrico al 50%, 0,2 Tm/día.
- j) Gas natural para caldera de vapor.
- k) Agua, 202,7 m<sup>3</sup> /día (2,34 l/s) para consumo de la planta de producción.

Los productos obtenidos serán:

- a) Biodiesel, 105 Tm/día.
- b) Glicerina farmacéutica, 9,4 Tm/día.
- c) Glicerina cruda, 12,78 Tm/día, sólo si no pudiera fabricarse glicerina farmacéutica por estar fuera de servicio la unidad de destilación.
- d) Glicerina al 90%, 0,5 Tm/día.
- e) Pastas jabonosas de desgomado, 6,5 Tm/día.
- f) El proceso constará de las siguientes etapas:

19) Pretratamiento: neutralizado y desgomado, blanqueo (sólo cuando se procesen aceites de palma o coco no refinados) y descerado de los aceites crudos.

20) Transesterificación: transformación del aceite en ésteres metílicos mediante reacción con metanol y un catalizador (metóxido sódico), con separación de la glicerina.

21) Prelimpieza de la glicerina, eliminando el metanol residual y las pastas jabonosas, mediante evaporación en doble etapa.

22) Destilación y blanqueo de la glicerina, mediante destilación al vacío, para obtener glicerina de calidad farmacéutica.

23) La cantidad de agua bruta de aporte que se requerirá tratar será 202,7 m<sup>3</sup>/día, produciéndose en la planta de tratamiento un rechazo en clarificador y filtros de 8 m<sup>3</sup>/día. Los consumos de agua por secciones u operaciones realizadas en la planta de biodiesel serán los siguientes:

24) Planta piloto, 1 m<sup>3</sup>/día, y caldera de vapor, 36 m<sup>3</sup>/día, en ambos casos tras pasar por cadena desmineralizadora de agua.

Proceso, 18,5 m<sup>3</sup>/día.

25) Torres de refrigeración, 99,2 m<sup>3</sup>/día, de los cuales 64,8 m<sup>3</sup>/día son evaporados a la atmósfera y 34,4 m<sup>3</sup>/día son purgados del circuito de aguas de enfriamiento para mantener los niveles adecuados de salinidad. Esta purga se reutilizará para su uso como aguas barométricas en las unidades de vacío, de forma que éstas no necesitarán un consumo neto de agua.

26) Lavadero de cisternas, 5 m<sup>3</sup>/día.

27) Aseos y servicios, 3 m<sup>3</sup>/día.

28) Todos los valores señalados en los puntos anteriores relativos a consumo de materias primas, producciones y consumos de agua, que se expresan como Tm/día o m<sup>3</sup>/día deben considerarse como valores medios anuales.

+

## ANEXO II

### Contenido de la autorización ambiental integrada

#### 1. Valores límite de emisión.

##### 1.1. Emisiones a la atmósfera.

Foco 1: chimenea de evacuación de gases de combustión de gas natural en caldera de producción de vapor. Los valores límite de emisión en chimenea serán:

CO: 65 mg/m<sup>3</sup>N

NOx: 165 mg/m<sup>3</sup>N

SO<sub>2</sub>: 5 mg/m<sup>3</sup>N

Foco 2: torres de refrigeración. Como consecuencia de la evaporación parcial de agua de refrigeración en las tres torres, se emitirá una cantidad de vapor de agua de 2,7 m<sup>3</sup>/h.

Foco 3: chimenea del lavador de gases de venteo de equipos en edificio de proceso número 1 (Ex). Los valores límite de emisión en chimenea serán:

Metanol: 0,49 kg/h

Foco 4: chimenea de la unidad de destilación de glicerina (venteo V5) en edificio de proceso número 2 (No Ex). Los valores límite de emisión en chimenea serán:

Metanol: 0,1 kg/h

Compuestos orgánicos: 2 kg/h

## 1.2. Vertidos de aguas.

El efluente de la planta depuradora de aguas residuales cumplirá los siguientes valores límite de emisión:

a) Volumen anual: 23.380 m<sup>3</sup>

b) Volumen diario: 70 m<sup>3</sup>

c) pH: 5,5 - 9,5

d) MES: 80 mg/l

e) DBO5: 40 mg/l

f) DQO: 160 mg/l

g) Aceites y grasas: 20 mg/l

h) NTK: 10 mg/l

i) P Total: 10 mg/l

j) Sulfatos: 2.000 mg/l

k) Cloruros: 2.000 mg/l

El efluente de la instalación de neutralización de aguas de purgas de caldera y de vertidos de regeneración de cadena desmineralizadora, cumplirá los siguientes valores límite de emisión:

a) Volumen anual: 12.358 m<sup>3</sup>

b) Volumen diario: 37 m<sup>3</sup>

c) pH: 5,5 - 9,5

d) MES: 20 mg/l

e) DQO: 40 mg/l

f) Sales disueltas: 6.000 mg/l

g) Sulfatos: 400 mg/l

h) Cloruros: 2.000 mg/l

Ambos efluentes serán evacuados al cauce del río Aragón, a través del canal de derivación de la central eléctrica propiedad de EHN en Caparroso. En ambos casos el régimen de vertido deberá ser regular a lo largo de las 24 horas del día, de forma que el caudal horario permanezca lo más constante posible. En cualquier caso, la inmisión de ambos vertidos en el río deberá cumplir los objetivos de calidad señalados en el Plan Hidrológico del Ebro.

En cuanto entre en servicio la EDAR municipal que trate las aguas residuales de la población de Caparroso, ambos efluentes deberán ser evacuados a la red de saneamiento de este municipio, y en consecuencia, deberá cesar su vertido directo al río Aragón. El efluente del separador de aceite/agua que tratará las purgas de condensados del sistema de aire comprimido, cumplirá un valor límite de emisión en aceites de 10 mg/l; y será vertido a la planta depuradora de aguas residuales.

Las aguas pluviales limpias recogidas sobre las superficies impermeabilizadas de las instalaciones serán conducidas a la balsa de almacenamiento de agua, que ha sido prevista para abastecer a la planta. Se desarrollará un Plan específico para el mantenimiento y limpieza de los cubetos de seguridad que albergan los tanques y depósitos de almacenamiento de materias primas, productos y biodiesel, y para la gestión de las aguas pluviales recogidas en el interior de los mismos, de forma que

se minimice la cantidad de aguas pluviales contaminadas que serían tratadas en la planta depuradora de aguas residuales.

No podrán ser vertidas otras sustancias contaminantes distintas de las señaladas explícitamente en los puntos anteriores, en especial las denominadas sustancias peligrosas a las que se refiere la Disposición adicional tercera del Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, que modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

### 1.3. Ruidos.

El nivel sonoro exterior medido a un metro de la actividad (fuente emisora) será inferior a 85 dBA.

## 2. Protección del suelo y las aguas subterráneas.

Todos los tanques y depósitos de almacenamiento de materias primas, productos y biodiesel se ubicarán en el interior de cubetos estancos de seguridad, que asegurarán la retención de posibles fugas o derrames. El dimensionamiento de estos cubetos es suficiente incluso para evitar el rebose por efecto ola, en caso de rotura de alguno de los tanques, para lo cual se han sobreelevado 0,20 metros.

Asimismo, el almacenamiento de residuos se realizará en zonas cubiertas y sobre solera impermeable de hormigón que conduciría los posibles derrames a arqueta de recogida estanca.

## 3. Procedimientos y métodos de gestión de residuos.

Los residuos que se producirán y el procedimiento de gestión a seguir en cada caso serán los siguientes:

a) Tierras de blanqueo, (adsorbente inorgánico usado en eliminación de pigmentos en aceites), 70 Tm/año, LER 150203, entregadas a gestor autorizado para su depósito en vertedero (D5).

b) Tierras de descerado (tierras de diatomeas usadas en eliminación de ceras en aceites), 56 Tm/año, LER 150203, entregadas a gestor autorizado para su depósito en vertedero (D5).

c) Carbón agotado no reactivable, (usado en la etapa de blanqueado de glicerina), LER 070110\*, entregado a gestor autorizado de residuos peligrosos para su depósito en vertedero (D5).

d) Materia grasa de purificación de glicerina, 128 Tm/año, LER 070108, entregada a gestor autorizado de residuos peligrosos para su valorización energética (R1).

f) Residuo de destilación de glicerina, 425 Tm/año, LER 070108\*, entregada a gestor autorizado de residuos peligrosos para su valorización energética (R1).

g) Lodos procedentes del tratamiento biológico de aguas residuales industriales que no contienen sustancias peligrosas, LER 190812, entregados a gestor autorizado para su valorización (R3, R10).

h) Aceite procedente de separador de agua/sustancias aceitosas (condensados de compresores), LER 130506\*, entregado a gestor autorizado de residuos peligrosos para su tratamiento y valorización energética (R1).

i) Aguas residuales de la planta piloto, 334 Tm/año, LER 161001\*, entregadas a gestor autorizado de residuos peligrosos para su tratamiento y eliminación (D9).

j) Lodos de la clarificación del agua bruta de aporte, LER 190902, tratados "in situ" en la planta depuradora de aguas residuales y posterior entrega, formando parte de los lodos biológicos del tratamiento de aguas residuales, a gestor autorizado para su valorización (R3, R10).

k) Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas (cadena desmineralizadora de agua de aporte a caldera de vapor), LER 190905, entregadas a gestor autorizado para su depósito en vertedero (D5).

h) Soluciones de la regeneración de intercambiadores de iones (cadena desmineralizadora de agua de aporte a caldera de vapor), LER 190906, tratadas "in situ" en la instalación de neutralización antes de ser vertidas en el medio acuático (D9).

Además deberán observarse las siguientes medidas de funcionamiento en relación con los residuos peligrosos:

a) Previamente a su entrega al gestor autorizado, los residuos peligrosos que deban envasarse se almacenarán envasados y etiquetados del modo establecido en el Reglamento de Residuos Peligrosos, aprobado mediante el Real Decreto 833/1988.

b) El tiempo máximo de almacenamiento de los residuos peligrosos en la instalación antes de su entrega a un gestor autorizado será de seis meses.

c) Deberá disponerse del documento de aceptación de un gestor autorizado para cada uno de los residuos peligrosos generados.

d) El transporte de residuos peligrosos hasta los gestores autorizados deberá realizarse por transportistas registrados en el Registro de Transportistas del Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda.



f) En las operaciones de transporte de residuos peligrosos deberá cumplimentarse el documento de control y seguimiento y la notificación previa del transporte con diez días de antelación al Ministerio de Medio Ambiente o al Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, en caso de que el transporte se realice únicamente en el territorio de Navarra.

g) Anualmente, antes del 1 de marzo, se deberá informar al Departamento de Medio Ambiente del origen, cantidad y destino de los residuos peligrosos producidos, mediante la complementación de la correspondiente declaración anual.

h) Se deberá informar inmediatamente al Departamento de Medio Ambiente en caso de desaparición, pérdida o escape de residuos peligrosos.

i) Se deberá constituir un seguro de responsabilidad civil, que cubra los posibles daños al medio ambiente ocasionados por los residuos peligrosos generados y almacenados en la empresa, tal como se señala en el artículo 6.4 del Real Decreto 833/1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos peligrosos. La cuantía mínima del riesgo a asegurar será de 300.000 euros. Una copia de la póliza y del pago de la prima deberá ser presentada ante la Dirección General de Medio Ambiente, como condición previa para el otorgamiento de la licencia de apertura.

j) Se asigna a esta instalación el número P/5/NA/2004 como centro productor de residuos peligrosos; y la actividad productora de dichos residuos peligrosos, según la tabla 6 del Real Decreto 833/1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos peligrosos, es A669(1), fabricación de otros productos químicos de uso industrial n.c.o.p.

4. Sistemas y procedimientos para el tratamiento de emisiones y residuos, con especificación de metodología de su medición, su frecuencia y los procedimientos para evaluar las mediciones.

#### 4.1. Emisiones a la atmósfera.

Tratamiento de las emisiones de metanol y otros compuestos orgánicos:

El aire de los venteos de equipos de proceso en el edificio número 1 (Ex), a excepción del venteo de la sección de secado de metiléster, será tratado en un lavador de gases en contracorriente con agua. Este lavador funcionará con una recirculación de agua de 900 l/h, y una purga continua de 20 l/h que se conducirá al destilador de metanol para recuperar este producto. La chimenea de salida de este lavador es el denominado Foco 3. Asimismo, las emisiones de nitrógeno durante la fase de inertización también serán conducidas a este lavador.

En el edificio de proceso número 1 (Ex) existirá un venteo libre de la unidad de vacío de secado de metiléster (V1), con un caudal de aire de 5,9 Nm<sup>3</sup>/h y una carga de compuestos orgánicos de 0,1 kg/h.

En el edificio de proceso número 2 (No Ex) existirán los cuatro venteos libres procedentes de sistemas de vacío que a continuación se enumeran, con el caudal de aire y carga de compuestos orgánicos que, respectivamente, se indica:

- a).Blanqueo (V2), 9,9 Nm<sup>3</sup>/h, no se emiten
- b).Neutralización (V3), 12 Nm<sup>3</sup>/h, no se emiten
- c).Evaporación de glicerina (V4), 5,8 Nm<sup>3</sup>/h, 0,1 kg/h
- d). Destilación de glicerina (V5)(Foco 4), 23 Nm<sup>3</sup>/h, 0,1 kg/h

El aire de los cinco venteos libres (V1 a V5) citados en los dos apartados anteriores, antes de ser emitido a la atmósfera, se hará pasar por el condensador de mezcla de su correspondiente sistema de vacío.

Durante la operación de carga de metanol en la planta piloto, se realizará un venteo que será tratado en un lavador de gases en contracorriente con agua, que está incluido en la propia planta piloto. Esta emisión se realiza sólo una vez cada aproximadamente 80 días, y durante un tiempo máximo de una hora. Dada la frecuencia y duración de esta emisión no ha sido considerada como contaminación sistemática, y en consecuencia esta instalación no ha sido incluida como foco emisor de gases de origen industrial.

El cargadero de cisternas dispondrá de una tubería de recuperación de vapores, que conectará durante las descargas de metanol y metóxido sódico, los tanques de almacenamiento con las cisternas que los transportan. De esta forma, no existirán venteos que pudieran emitir a la atmósfera compuestos orgánicos volátiles en las operaciones de descarga de estos productos.

Control de las emisiones:

La caldera de vapor que utiliza gas natural se encuadra en el grupo C, apartado 3.1.1, del catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, según el Anejo 1 del Decreto Foral 6/2002, de 14 de enero, por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera. Los restantes focos emisores no están incluidos en el mencionado catálogo.

Para todos los focos emisores y según su catalogación se deberá cumplir lo dispuesto en el Decreto Foral 6/2002, en lo referente a altura de chimenea, velocidad de salida de gases, orificios adecuados y en perfecto estado para realización de tomas de muestra y mediciones, controles periódicos y metodología, con la siguiente excepción:

El autocontrol de las emisiones del Foco 1 y del Foco 3 se realizará mediante mediciones periódicas cada seis meses.

#### 4.2. Vertidos de aguas.

Vertidos de caldera y cadena desmineralizadora, y tratamiento de los mismos:

a) Las aguas de purga de caldera, tras 21 ciclos de concentración, (caudal 1,8 m<sup>3</sup>/día), y los vertidos de la regeneración de la cadena desmineralizadora (caudal 35 m<sup>3</sup>/día), serán tratadas en una instalación de neutralización antes de ser evacuadas al río Aragón.

b) Los vertidos de la regeneración de la cadena desmineralizadora (caudal 35 m<sup>3</sup>/día) se clasifican como residuo no peligroso con el código LER 190906.

c) La instalación constará de un pozo de neutralización de 40 m<sup>3</sup> de capacidad, control en continuo del pH y dos bombas dosificadoras de HCl y NaOH, respectivamente.

d) El caudal de vertido del efluente neutralizado deberá ser laminado de forma que el caudal horario permanezca lo más constante posible.

e) Se deberá instalar una arqueta para la toma de muestras representativas del efluente neutralizado y la realización de medidas de caudal, que disponga de un canal abierto normalizado de evacuación, bien de tipo flujo libre, o bien de tipo vertedero.

f) Se deberá instalar un medidor de caudal en continuo del efluente neutralizado.

g) Se realizará medición en continuo en el efluente neutralizado del caudal instantáneo y totalizado, de la conductividad, de la temperatura y del pH.

h) El efluente neutralizado podrá reunirse con el efluente de la planta depuradora de aguas residuales, en un punto situado con posterioridad a la arqueta para toma de muestras y medidas de caudal de la mencionada depuradora.

Aguas residuales de proceso:

a) Son las aguas residuales (18,5 m<sup>3</sup>/día) generadas en las siguientes secciones del proceso:

b).Desgomado.

c).Pretratamiento de glicerina.

d).Evaporación de glicerina.

e) .Limpieza del depósito del postdestilador de glicerina.

f) .Limpieza (trimestral) de filtros de carbón activo de blanqueado de glicerina.

g).Junto con los vertidos que en los apartados siguientes se indica serán enviados a la planta depuradora de aguas residuales que, en total, tratará un caudal máximo de 70 m<sup>3</sup>/día.

Aguas barométricas:

a) Como aporte para las aguas barométricas utilizadas en los condensadores de mezcla de las unidades de vacío se deberá emplear la purga continua de agua de las torres de refrigeración.

b) Las aguas barométricas contaminadas producidas (en promedio, 34,4 m<sup>3</sup>/día) serán tratadas en la planta depuradora de aguas residuales junto con las aguas de proceso.

Vertidos del sistema de aire comprimido:

Las purgas de condensados serán tratadas mediante un equipo separador de aceite/agua, que proporcionará un nivel máximo de aceite residual de 10 mg/l, y el efluente será vertido a la planta depuradora de aguas residuales junto con las aguas de proceso.

Vertidos de planta piloto:

Los vertidos generados en la planta piloto (caudal 1 m<sup>3</sup>/día) no serán tratados en la planta depuradora de aguas residuales sino que serán entregados a gestor autorizado de residuos peligrosos. Debido a su bajo valor de pH se clasifican como residuo peligroso con el código LER 161001\*.

Vertidos de servicios de oficina y laboratorio:

Las aguas fecales producidas (3 m<sup>3</sup>/día) correspondientes a 20 habitantes equivalentes serán tratadas en la planta depuradora de aguas residuales junto con las aguas de proceso.

Vertidos de la planta de tratamiento de agua de aporte:

Las purgas del clarificador y las aguas de lavado de filtros (8 m<sup>3</sup>/día) serán tratadas en la planta depuradora de aguas residuales junto con las

aguas de proceso. Estos vertidos se clasifican como residuo no peligroso con el código LER 190902.

Vertidos de las torres de refrigeración:

El biocida que se empleará como aditivo en el agua utilizada en el sistema de enfriamiento mediante las torres de refrigeración estará libre de triazinas.

La purga continua (1,40 m<sup>3</sup>/h) para desconcentración de sales del agua del sistema de refrigeración (33,6 m<sup>3</sup>/día) no será vertida, sino que será reutilizada como agua barométrica, que se emplea en los condensadores de mezcla de las unidades de vacío.

Vertidos de lavado de cisternas:

Las aguas residuales producidas (5 m<sup>3</sup>/día) serán tratadas en la planta depuradora de aguas residuales junto con las aguas de proceso.

Vertidos de aguas pluviales:

Las aguas pluviales susceptibles de resultar contaminadas son las recogidas sobre las siguientes superficies:

.Zona 1: cargadero de aceites y biodiesel.

.Zona 2: bombas de carga, descarga y trasiego.

.Zona 3: cargadero de glicerinas, pastas jabonosas y productos corrosivos.

.Zona 4: acceso a retirada de tierras de blanqueo y descerado junto a edificio de proceso número 2 "No Ex".

.Zona 5: edificio de proceso número 2 "No Ex".

El caudal máximo de estas aguas pluviales contaminadas será de 0,3 m<sup>3</sup>/h, que será laminado mediante un pozo de recogida (20 m<sup>3</sup>) y la mitad de la capacidad del tanque de homogeneización de la planta depuradora de aguas residuales (45 m<sup>3</sup>), de forma que serán tratadas en la planta depuradora de aguas residuales junto con las aguas de proceso, con un caudal de 1 m<sup>3</sup>/día.

Las aguas pluviales limpias son las recogidas sobre el resto de las superficies impermeabilizadas de las instalaciones, y serán conducidas a la balsa de almacenamiento de agua que ha sido prevista para abastecer a la planta.

Diseño y características de la planta depuradora de aguas residuales:

Caudal punta de agua bruta, 15 m<sup>3</sup>/h, caudal nominal de agua bruta a pretratamiento, 3 m<sup>3</sup>/h, y caudal nominal de fangos biológicos a pretratamiento, 0,5 m<sup>3</sup>/h.

El efluente tratado cumplirá los valores correspondientes a la Tabla 3 del Anexo IV del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986).

El caudal de vertido del efluente deberá ser laminado de forma que el caudal horario permanezca lo más constante posible.

Pretratamiento:

a). Homogeneización, en depósito de PRFV de 90 m<sup>3</sup>.

b) Coagulación, floculación y flotación por aire disuelto DAF, con un rendimiento mínimo del 20% en la eliminación de materia orgánica.

Tratamiento biológico:



a) .Dosificación de nutrientes: nitrato amónico al 50% y ácido fosfórico al 75%.

b) Tratamiento SBR en depósito de 425 m<sup>3</sup>, con 2 ciclos diarios de depuración, con un volumen unitario de agua a tratar por ciclo de 35 m<sup>3</sup>, con un rendimiento mínimo del 98% en la eliminación de materia orgánica.

c) .Tanque (50 m<sup>3</sup>) para laminación del vertido final del agua depurada.

d) .Purga continua de fangos biológicos que se enviarán al flotador DAF.

Tratamiento de fangos:

Los lodos flotados y decantados en el DAF serán enviados a tanque de almacenamiento de 20 m<sup>3</sup>, para ser trasladados para su tratamiento final a la instalación que determine NILSA.

Dispositivos de control:

a).Se deberá instalar una arqueta para la toma de muestras representativas del efluente tratado y la realización de medidas de caudal, que disponga de un canal abierto normalizado de evacuación, bien de tipo flujo libre, o bien de tipo vertedero.

b)Se deberá instalar un medidor de caudal en continuo del efluente tratado.

Control de procesos y mantenimiento de la planta depuradora, y autocontrol de la calidad del efluente:

a) Se realizará medición en continuo en el efluente tratado del caudal instantáneo y totalizado, de la conductividad, de la temperatura y del pH.

b) Con frecuencia diaria se analizarán los parámetros pH, MES, conductividad, aceites y DQO en el agua bruta de entrada a la depuradora, en el agua pretratada de entrada al tratamiento biológico y en el efluente tratado.

c) Con frecuencia semanal se analizarán los parámetros DBO5, NTK y P, en el agua pretratada de entrada al tratamiento biológico y en el efluente tratado; y el parámetro DBO5, en el agua bruta de entrada a la depuradora.

d) Con frecuencia trimestral se analizará el parámetro Hidrocarburos totales, en el efluente del equipo separador aceite/agua que trata los condensados del sistema de aire comprimido.

e) Se desarrollará el Plan de explotación y mantenimiento incluido en el punto 10 del Proyecto de depuración de vertidos industriales.

Declaraciones de vertidos que el titular deberá remitir al Departamento de Medio Ambiente y a la Confederación Hidrográfica del Ebro:

Con frecuencia trimestral, una declaración analítica de los vertidos, referente a caudal y composición del efluente de la planta depuradora y del efluente de la instalación de neutralización, en la que se incluirán todos los resultados de control obtenidos.

Con frecuencia anual, una declaración de las incidencias en la explotación de todas las instalaciones de tratamiento de vertidos.

Cánones de vertido:

Los vertidos estarán gravados con el canon de control de vertidos establecido por el artículo 113.1 del RDL 1/2001, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Anualmente la Confederación Hidrográfica del Ebro practicará y notificará la liquidación del canon de control de vertidos.

Asimismo, los vertidos estarán gravados con el canon de saneamiento establecido en el artículo 10 de la Ley Foral 10/1998, de 29 de diciembre, de saneamiento de las aguas residuales de Navarra. Anualmente NILSA procederá al cobro del mismo.

Control de consumos de agua:

Se medirán y registrarán las cantidades de agua consumida para cada uno de los diferentes usos en la planta de biodiesel.

#### 4.3. Residuos.

Tierras de blanqueo y tierras de descerado:

Se almacenarán en sendos euro contenedores de 7 m<sup>3</sup> situados ambos debajo de la salida de filtros que producen dichos residuos, en el edificio de proceso número 2 ("No Ex"). Los euro contenedores serán retirados directamente de este lugar por el gestor autorizado.

Esta zona tendrá una superficie de 64 m<sup>2</sup>, dispondrá de solera de hormigón rodeada de bordillo perimetral y arqueta estanca de recogida de posibles escorrentías o aguas de limpieza.

Residuo de la destilación de la glicerina:

Será retirado dos veces al día y en tres barriles de 115 litros cada vez, y se almacenará en recinto específico cubierto, con solera impermeable de hormigón rodeada de bordillo perimetral y arqueta estanca de recogida de posibles escorrentías o aguas de limpieza. Este recinto tendrá capacidad máxima para 120 barriles.

Aguas residuales de la planta piloto, materia grasa de purificación de glicerina y aceites minerales residuales:

Deberán ser almacenados en contenedores específicos ubicados en el interior de cubeto estanco de seguridad, y observarse las medidas de funcionamiento en relación con los residuos peligrosos indicadas en el apartado 1.3.

Carbón activo usado en filtros de blanqueo de glicerina:

Únicamente tendrá la consideración de residuo cuando se descarte su uso por haberse agotado su capacidad para ser reactivado. Mientras tanto podrá ser entregado al suministrador de dicho material, para que proceda a su reactivación siempre que sea necesario.

Una vez descartado su uso, este carbón no reactivable se clasifica como residuo peligroso con el código LER 070110\*.

#### 4.4. Ruidos y vibraciones.

Una vez que la planta de producción funcione a régimen normal, se deberá realizar un control del nivel sonoro exterior, que incluirá tanto registros continuos como mediciones puntuales.

Este control se repetirá con frecuencia semestral durante el primer año de funcionamiento, y con frecuencia anual a partir del segundo año.

Las mediciones del nivel sonoro exterior se realizarán conforme a lo establecido en el Decreto Foral 135/1989, de 8 de junio, que establece las condiciones técnicas a cumplir por las actividades emisoras de ruidos o vibraciones.

5. Medidas a adoptar en situaciones de funcionamiento distintas a las normales que puedan afectar al medio ambiente.

Como condición previa para el otorgamiento de la licencia de apertura, el titular deberá presentar un Plan de Emergencias, en el que se analizarán y se evaluarán los posibles riesgos ambientales de las instalaciones, que puedan afectar al medio ambiente o a la salud de las personas, y en el que se definirán las medidas de prevención y seguridad más adecuadas para reducir dichos riesgos.

No obstante, ya han sido previstas ciertas situaciones de funcionamiento anormal que son las siguientes:

Rotura, fugas o derrames de tanques y depósitos de almacenamiento de sustancias líquidas: materias primas, productos, biodiesel y residuos.

Derrames en las operaciones de carga de los depósitos y tanques de sustancias líquidas.

Las medidas a adoptar en estos casos serán las siguientes:

Todos los tanques y depósitos de almacenamiento de sustancias líquidas (materias primas, productos, biodiesel y residuos) se ubicarán en el interior de cubetos estancos de seguridad, que asegurarán la retención de posibles fugas o derrames, incluso en caso de rotura.

Las aguas pluviales que se recojan sobre las zonas de carga serán enviadas a la planta depuradora de aguas residuales, para eliminar la posible contaminación que arrastren.

6. En lo relativo al cumplimiento de la normativa vigente en el ámbito de protección contra incendios, las instalaciones deberán cumplir las medidas indicadas en el Proyecto de la ingeniero industrial Matilde Cuesta Diego, visado por el COIIN, con fecha 20/01/03; y anexos posteriores del ingeniero industrial Miguel Núñez Polo, visado por el COIIN, con fecha 17/06/03 y 31/12/03, y del ingeniero industrial Borja de Carlos, visado por el COIIN, con fecha 23/02/03.

Además, en la ejecución del proyecto deberán adoptarse las siguientes medidas complementarias cuyo cumplimiento se garantizará en el certificado de fin de obra:

Edificio de control, administrativo, sala eléctrica, laboratorios y vestuarios (NBE-CPI/96):

1. La justificación de que un material alcanza la clase de reacción exigida se llevará a cabo mediante Marca de Conformidad a normas UNE, Sello o Certificado de Conformidad con las especificaciones técnicas de esta norma básica (Artículo 17.2). La validez de los documentos justificativos cumplirán con lo establecido en el artículo 17.3 (los laboratorios estarán reconocidos en el ámbito del control de calidad de la edificación por el Ministerio de Fomento, etc.).

2. Las zonas de fachada que delimiten el ámbito de circulación de las escaleras abiertas deben ser RF-120, según el artículo 15.4 b). Por ámbito de circulación de la escalera se entenderá los 3 m por encima del desarrollo de la losa de escalera y todo el paño inferior a la misma. Las zonas situadas a menos de 1,50 m de distancia de dicho ámbito de circulación deben ser PF-30, según el artículo 10.1 c).

3. Indicar en planos la señalización de las salidas, los recorridos de evacuación (la escalera interior no es utilizada en caso de emergencia, se utilizará la escalera abierta al exterior) y los medios de protección contra incendios que no sean fácilmente localizables, según normas UNE 23.033 y 23.034 (Artículos 12.1 y 12.2).

4. Las características técnicas de todos los equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios previstas en el proyecto deberán cumplir lo establecido en el vigente Reglamento regulador de este tipo de instalaciones (R.D.1942/93).

5. Las características y especificaciones del sistema de abastecimiento de agua contra incendios deberán ajustarse a lo establecido en la norma UNE 23.500 (Artículo 4 del RIPCI).





## **12- REACTORES BIO2 Y BIO4 PARA ELABORACIÓN DE BIODIESEL EN ARGENTINA TIPO BATCH**

### **A) ANTECEDENTES**

La transesterificación de los aceites vegetales con alcohol permite obtener GLICEROL, y alcohol esteres de ácidos grasos, comúnmente denominados BIODIESEL. Los reactores BD han sido diseñados con la finalidad específica de transesterificar aceites vegetales en forma sencilla y a bajo costo, tanto operativo como de inversión. Para ello se utiliza el proceso base/base, optimizado mediante el uso de presión, alta temperatura, y un mezclador on-line de gran turbulencia.

### **B) DESCRIPCIÓN**

Los reactores BD son presurizados, con calefacción eléctrica, y utilizan tecnología de mezclado con alta velocidad. Están dotados de aislación en fibra de vidrio, mas regulación automática de presión y temperatura de proceso. La construcción es en acero inoxidable 304. Los elementos utilizados son de fácil obtención en todo el mundo; la filosofía de diseño fue la de adoptar criterios universales en cuanto a materiales y componentes. La construcción cumple con las normas DIN y ASTM para seguridad industrial, y ambiental.

Las plantas BD no generan efluentes. Están venteadas para evacuar los vapores de alcohol que pudieran generarse durante el llenado. El tablero de control es estanco; el cableado eléctrico esta entubado. Todos los circuitos eléctricos tienen protección propia adicional a la protección general del tablero. Se provee un plano detallado de los circuitos.

### **C) COMPONENTES E INSTRUMENTACIÓN**

El sistema de llenado esta provisto de dos entradas independientes que se conectan a la provisión de alcohol y aceite. El nivel es controlado visualmente. Las salidas se conectan a recipientes para glicerol y biodiesel. Para este ultimo, se incluye un filtro de 5 micrones. La temperatura de reacción se regula desde el tablero; para ello se provee un termostato y un termómetro analógico para control. Los controles de temperatura son de tipo capilar, lo que asegura la confiabilidad de los mismos.

La presión de reacción se fija mediante un regulador incorporado en la entrada de aire comprimido. Incluye además un manómetro analógico para control y válvula de seguridad.

### **D) OPERACIÓN**

Se aspira el alcohol y se inicia el mezclado. A continuación se vierte el álcali granulado por una entrada en la parte superior. Finalmente se incorpora el aceite mediante la bomba externa provista con el equipo. Se cierra el venteo y se presuriza (0,7 bar) el reactor, habilitando inmediatamente el temporizado y el circuito de calefacción. Cuando se completa el tiempo de mezclado, se desactiva el circuito de calefacción, y manteniendo la presión, se espera el tiempo necesario para que ocurra la separación por decantación del glicerol y el biodiesel.

Aprovechando la presión del reactor, se expulsa primero el glicerol y a continuación se extrae el biodiesel pasándolo por el filtro de cinco micrones antes de almacenarlo. El biodiesel filtrado que se obtiene esta listo para ser usado de inmediato, no requiriendo proceso posterior alguno. Cada ciclo se completa en 10-11 horas, pudiéndose efectuar entonces dos mezclas diarias. El biodiesel que se obtiene puede cumplir con las normas ASTM y DIN-E.

## **E) ESPECIFICACIONES** (sujetas a cambio por actualización técnica)

### **REACTOR BIO2**

Ancho	800 Mm.
Profundidad	860 Mm.
Altura	1845 Mm.
Peso	125 kg
Motor bomba mezcladora	1 hp
Motor bomba de aceite	½ hp
Termo resistencias	6 kw
Capacidad total	275 l
Capacidad de proceso	240 l
Capacidad de Biodiesel	200 l
Capacidad de Glicerol	40 l
Potencia requerida	10 hp
Consumo eléctrico por mezcla	6-7 kwh
Color	gris y rojo
TMEF	10000h (5000 mezclas)

Figura # 15 Reactor BIO2



#### **REACTOR BIO4:**

1) ANCHO	880 mm.
2) Profundidad	1010 Mm.
3) Altura	2075 Mm.
4) Peso	200 kg.
5) Motor	2 hp.
6) Termo-resistencia	12 kw.
7) Capacidad total	600 l.
8) Capacidad proceso	480 l.
9) Capacidad Biodiesel	400 l.
10) Capacidad de Glicerol	80 l.
11) Potencia requerida	15 Hp.
12) Consumo	14 Kw/h
13) Color	Blanco

**Figura # 16 Reactor BIO4**



## **13- TIPOS DE PLANTAS DE BIODIESEL**

Es evidente y no tiene discusión el método de producción de Biodiesel, probado en todas partes del mundo, desde el punto de vista técnico como operativo. Existen en actividad todo tipo de plantas: desde muy pequeñas para autoabastecimiento de productores hasta plantas de ciclo continuo y alta capacidad de producción. El llegar de Para un elaborar 140.000.000 del litros del Biodiesel se necesitaría producir unos 400.000 litros por día.

La elección del tipo, tamaño y cantidad de plantas estará determinada por diferentes factores:

- 1) Política de desarrollo de la producción.
- 2) Metas para la sustitución del combustible diesel por Biodiesel.
- 3) Sistemas de distribución del Biodiesel.
- 4) Distancias a las zonas de cultivos.
- 5) Distancias a las plantas extractoras de aceite.
- 6) Distancias a los centros de distribución de combustibles.
- 7) Disponibilidad de plantas de acondicionamiento y acopio de granos.

El análisis de todos estos supuestos indican que para llegar a la sustitución del 10 % del gas oil actualmente consumido en el país se debe recorrer varios caminos:

- a) Utilizar la capacidad ociosa actual de las aceiteras.
- b) Fortalecer los agentes financieros agrícolas.
- c) Localizar una planta piloto con un mínimo de producción que logre un impacto palpable e importante en una zona agrícola.
- d) Concientizar y educar a los consumidores.
- e) Que el Biodiesel producido pueda tener una fácil distribución.
- f) Aumentar paulatinamente la producción, ya sea mediante la Política impositiva, distribución, financiación de cultivos, utilización del combustible en flotas oficiales, etc.



## **14- PROCESOS CONTINUOS Y DISCONTINUOS DE BIODIESEL**

### **14.1- PROCESO CONTINUO**

Proceso continuo. A diferencia de otros procesos comerciales existentes en el mercado el presente se caracteriza por cuanto el equipamiento de la planta es de fácil obtención y/o construcción en muchos países con capacidad para producir calderería, sin necesidad de tener que recurrir a equipos costosos, que requieren además de mantenimiento especializado (Ej., centrífugas), y los materiales para su construcción poseen reducidos costos relativos.

El proceso batch es conveniente para producciones pequeñas de no más de 10.000.- (diez mil) t/año. En el mismo la reacción y la destilación del metanol en exceso es del tipo batch, la decantación es continua. El diagrama de flujo del proceso de producción del biodiesel se puede observar en la figura que se encuentra abajo.

Este proceso prevé el empleo de aceites o grasas que contienen acidez libre, y en su primera fase los ácidos grasos libres se transforman en más metilester. Esta es una ulterior ventaja ya que no es necesario procesar previamente grasas y o aceites para eliminar tales impurezas obteniéndose además un rendimiento superior respecto de los triglicéridos de partida. El esquema simplificado de una planta continua para producir el biodiesel se puede observar en el diagrama siguiente:

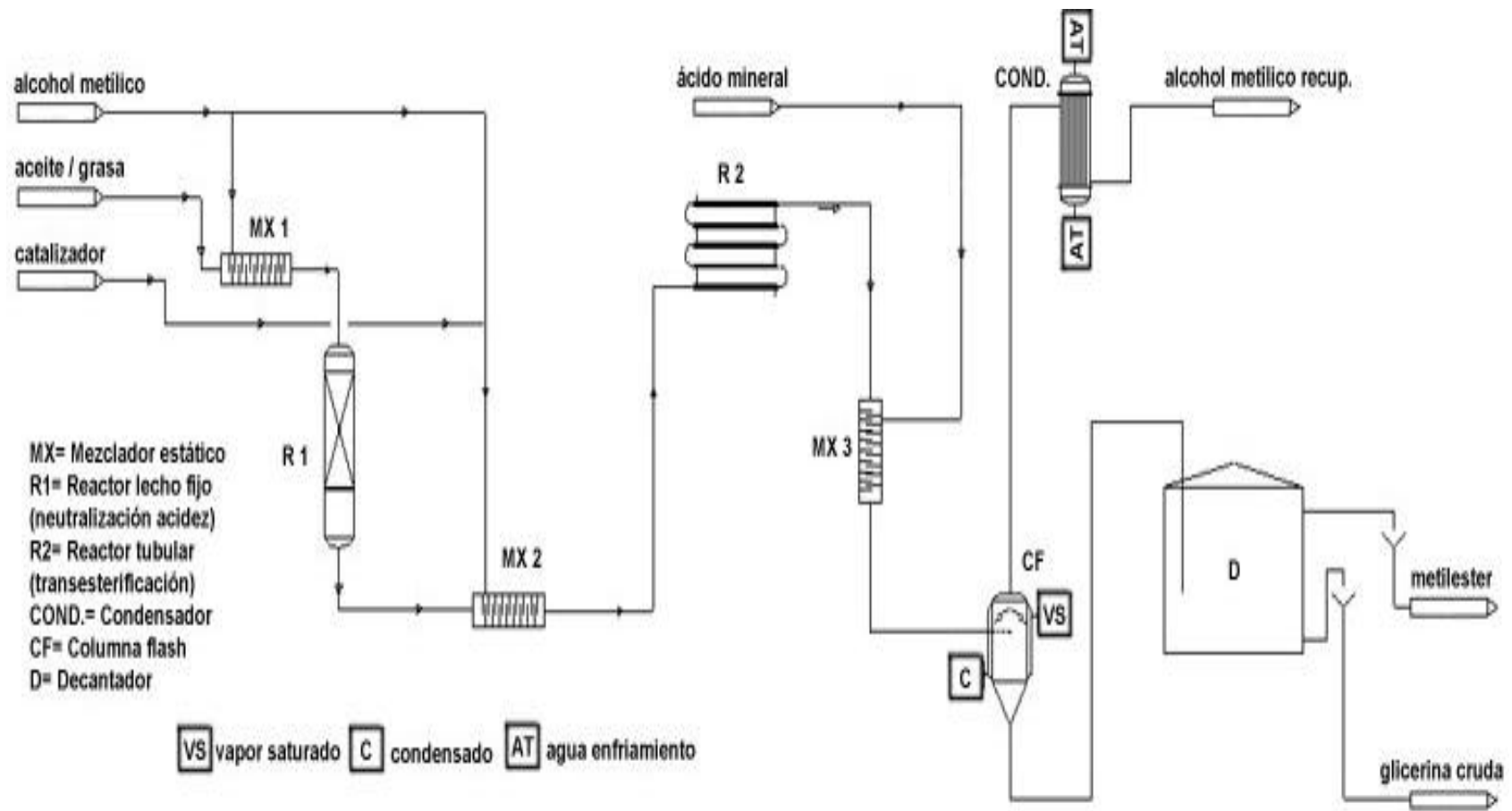


Figura # 17 Proceso continuo en la producción de Biodiesel

En el mezclador estático MX 1 se mezclan el alcohol metílico y el aceite que contiene ácidos grasos libres. Este producto se hace pasar luego a través del reactor (R 1) que funciona con catalizador en lecho fijo donde se produce la reacción de esterificación de los ácidos grasos libres. La corriente proveniente de esta unidad se mezcla en la unidad estática MX 2 con el metanol necesario para la transesterificación, más un pequeño exceso del mismo, y el catalizador. Esta corriente ingresa en el reactor tubular R 2 en el cual se produce la transesterificación de los triglicéridos.

El producto de la reacción, compuesto por el metilester, la glicerina, el metanol en exceso y el catalizador, debe ser neutralizado. Para ello se mezcla en la unidad estática MX 3, con un ácido mineral en la cantidad necesaria.

Posteriormente en la unidad de destilación flash FC se despoja al producto de los volátiles, compuestos fundamentalmente por el alcohol metílico en exceso. Los vapores de metanol se condensan y se envían al tanque de almacenamiento, del cual será nuevamente introducido en el ciclo. El producto de fondo del evaporador flash FC, que contiene el metilester, la glicerina, sales y agua se envía al decantador continuo D, en el cual se separa el metilester del resto de los productos. La fase ligera (biodiesel) se envía al tanque de almacenaje, mientras la fase pesada (glicerina bruta) que contiene glicerina (aprox. 90%) , agua y sales se envía asimismo al almacenaje. [4]

A continuación se indican los consumos específicos (valores aproximados), para la producción de 1 ton de biodiesel así como los subproductos de recuperación:

**Tabla # 1 Materias Primas**

<b>TEM</b>	<b>CONSUMO</b>
<b>MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES</b>	
Aceite vegetal refinado	1030 Kg.
Metanol	102 Kg.
Catalizador (metilato de sodio)	6,2 Kg.
Ácido mineral	6 Kg.
Glicerina bruta	112 Kg. (título: 85% min.)
<b>SERVICIOS</b>	
Agua enfriamiento	20 m <sup>3</sup>
Vapor de agua(a 4 bar)	350 Kg.
333Energía eléctrica	50 Kwh.
Nitrógeno	3,2 N m <sup>3</sup>
Aire instrumentos	4,8 N m <sup>3</sup>

## 14.2- PROCESO DISCONTINUO

Figura # 18 Esquema de la producción de biodiesel en un proceso por lotes

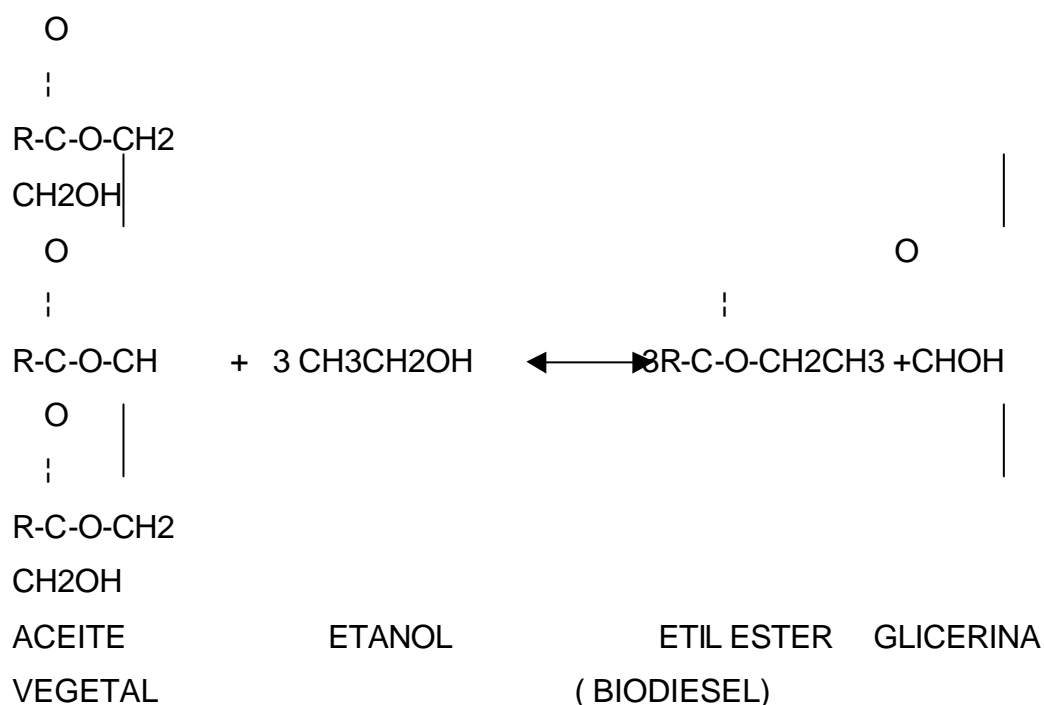




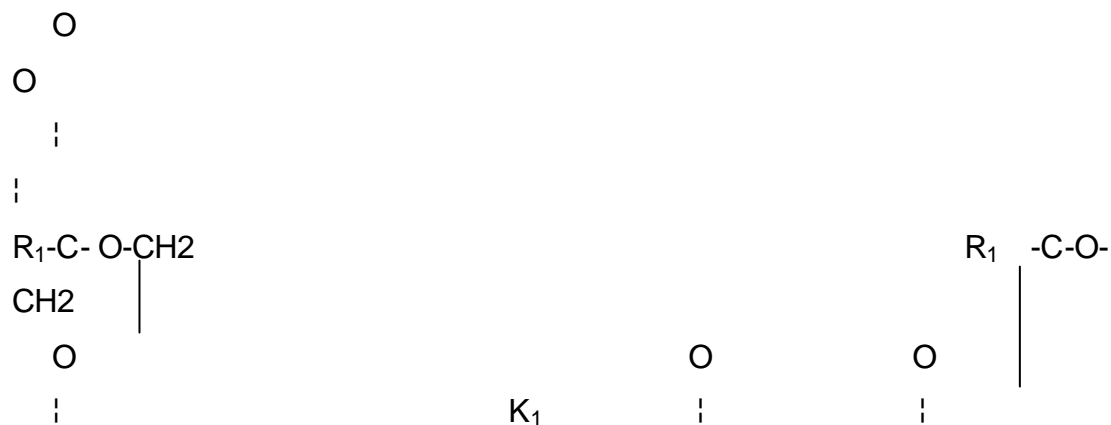
## 15- REACCIÓN QUÍMICA GENERAL

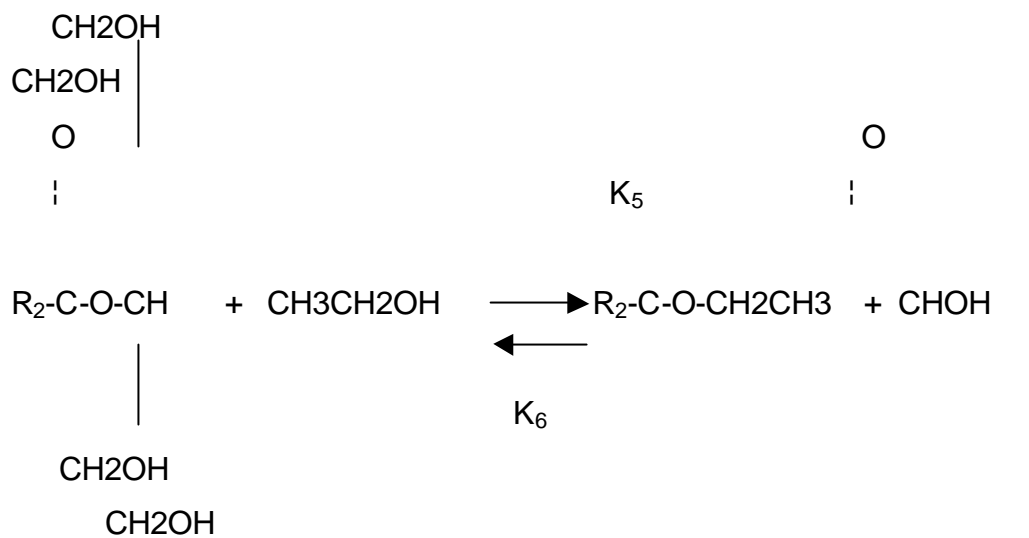
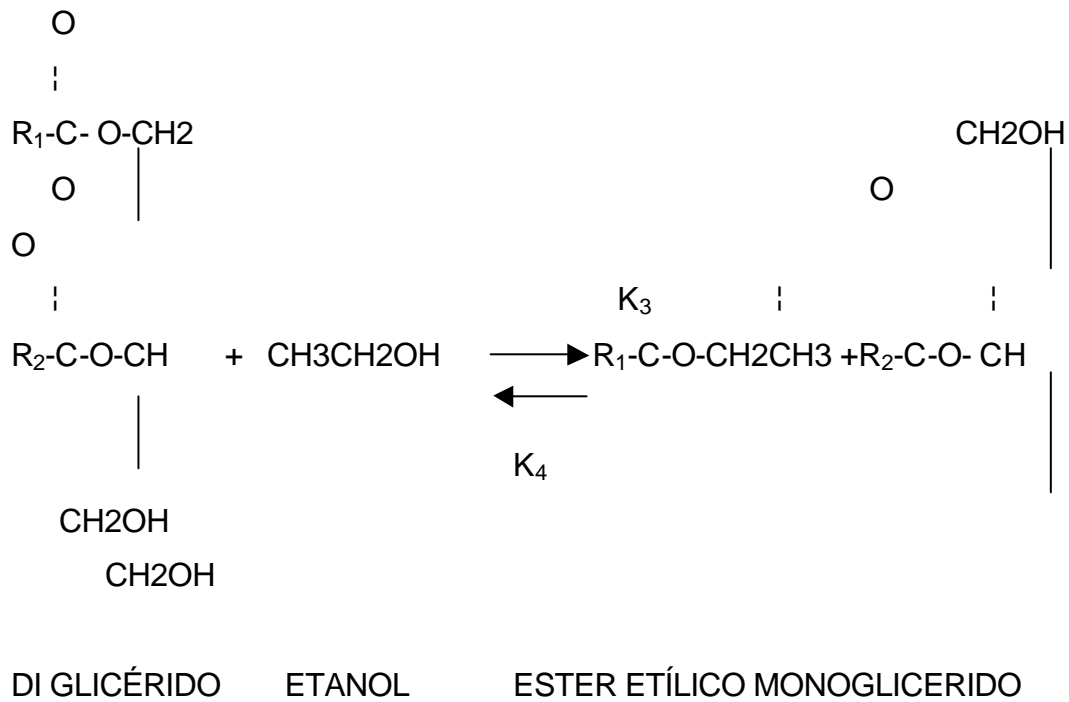
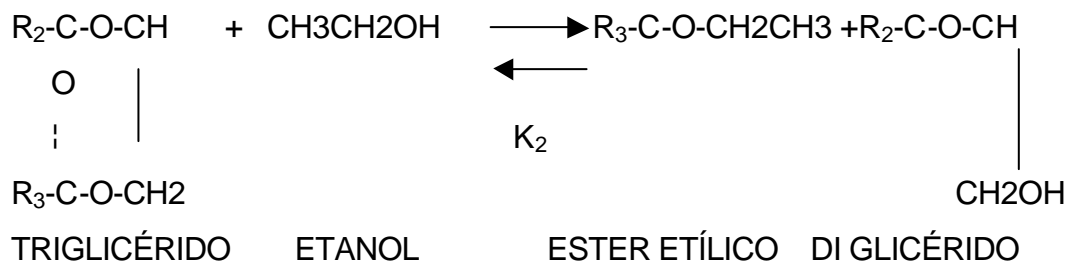
Las siguientes figuras, son reacciones que ocurren en la formación del Biodiesel.

**Figura # 19 Reacción Química General**



**Figura # 20 ETAPAS DE LA REACCIÓN DE ETANO LISIS**

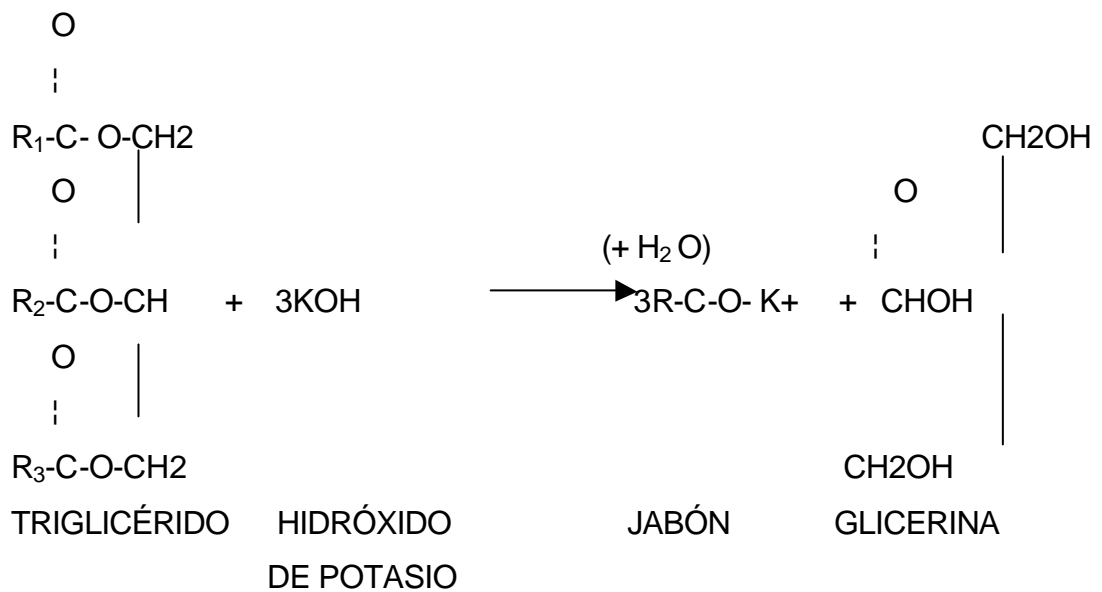




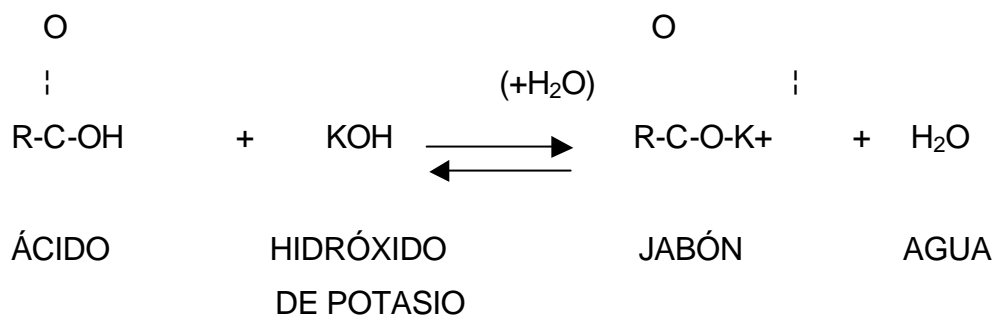


MONOGLICÉRIDO    ETANOL    ESTER ETÍLICO    GLICERINA

**Figura # 21 REACCIONES SECUNDARIAS  
REACCIÓN DE SAPONIFICACIÓN DE ACEITES Y GRASAS**



**Figura # 22 REACCIÓN DE NEUTRALIZACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS**

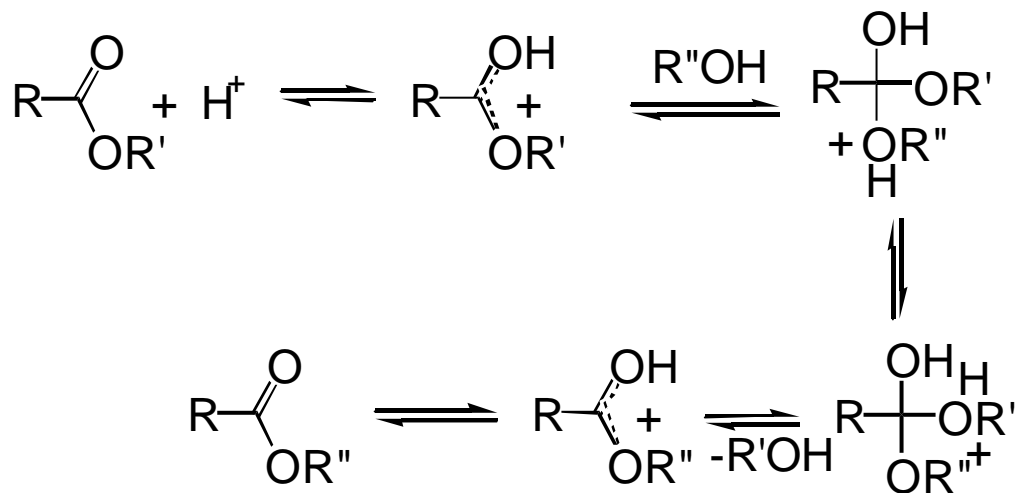




16- MECANISMOS DE REACCIÓN DE LA  
TRANSESTERIFICACIÓN

Figura # 23

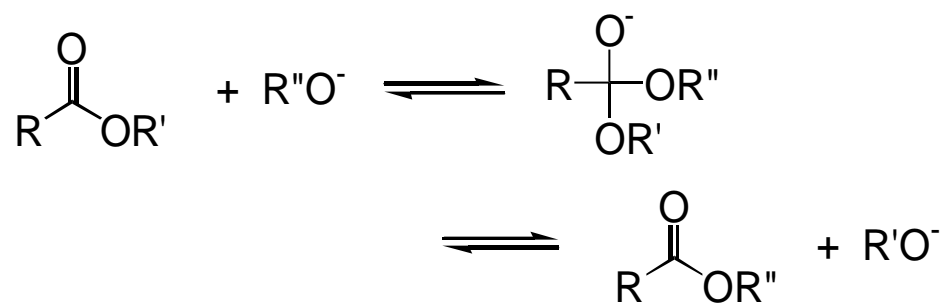
## Transesterificaciòn catalisis àcida



AAV 2003

Figura # 24

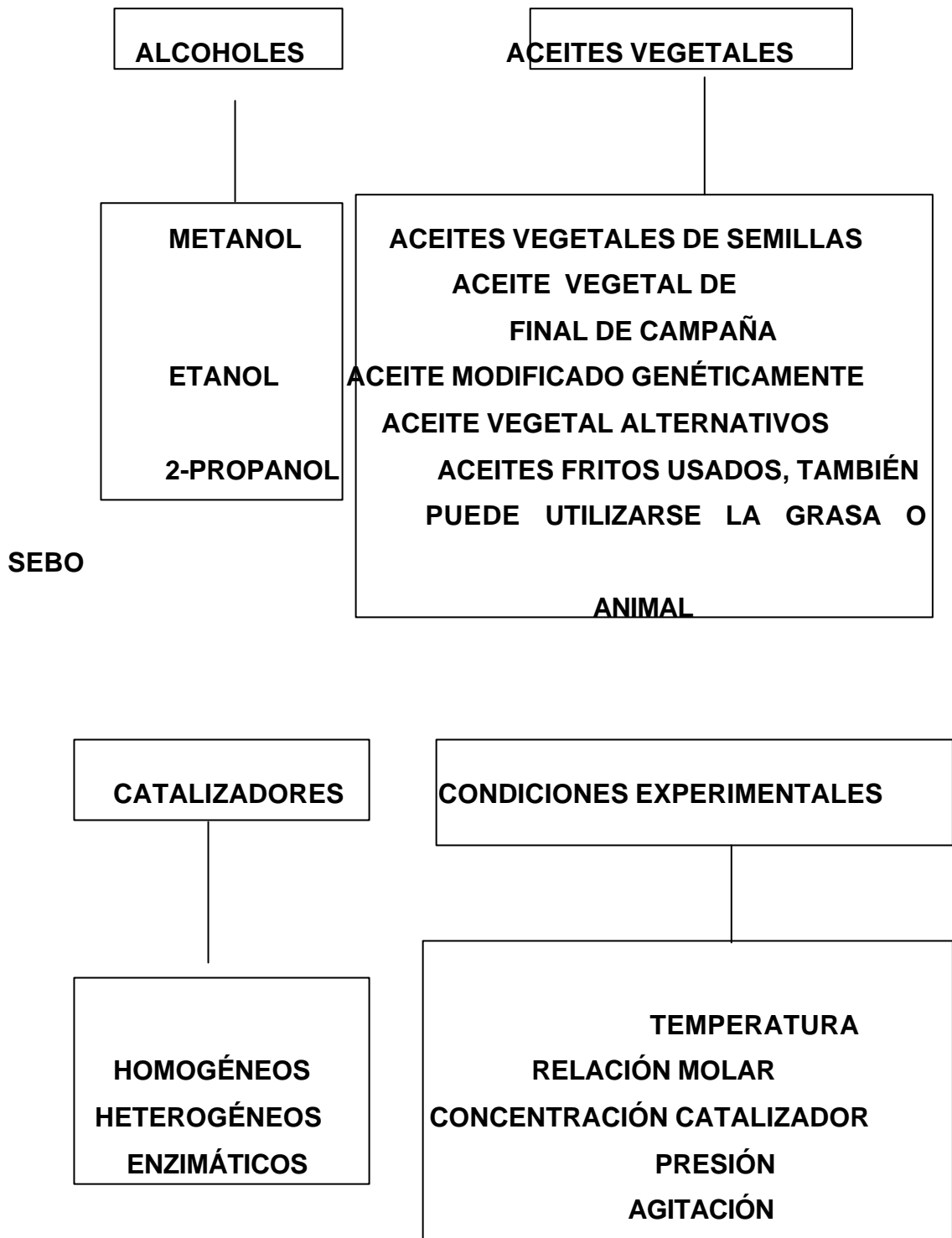
## Transesterificaciòn en medio b\u00e1sico

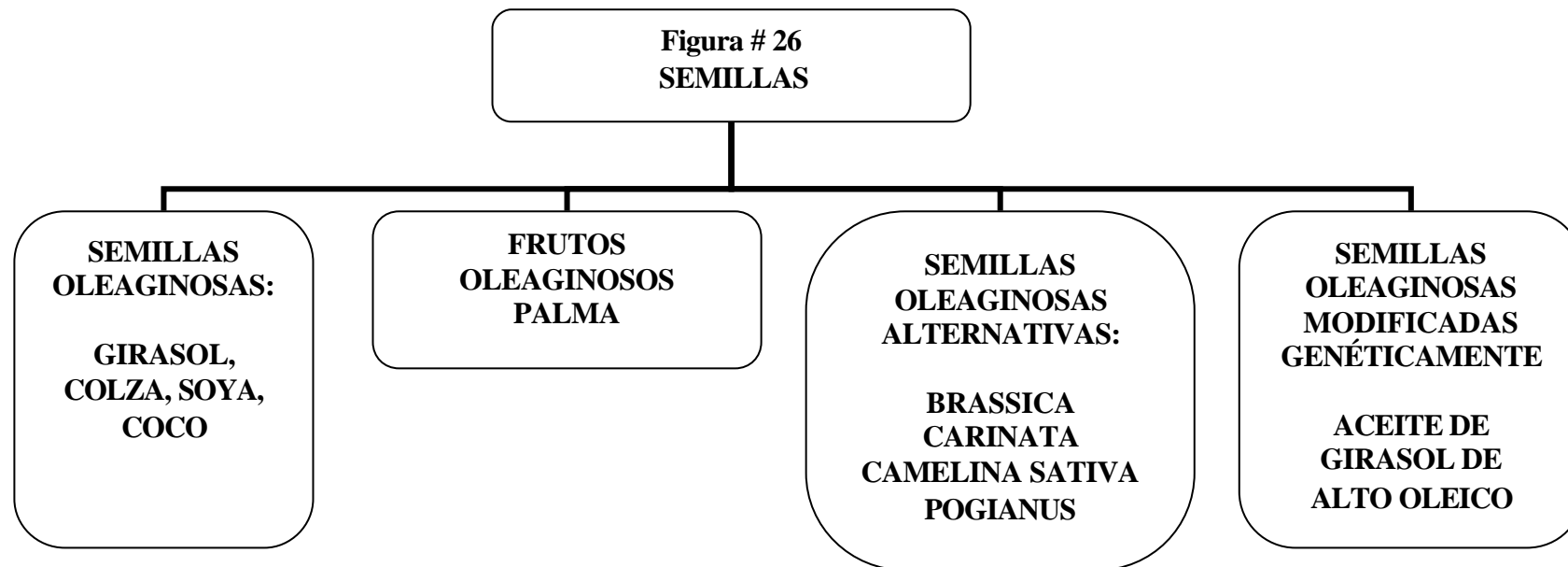


AAV 2003

Figura # 25

**17- MATERIAS PRIMAS Y CONDICIONES  
NECESARIAS QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA  
EN EL PROCESO DE BIODIESEL**





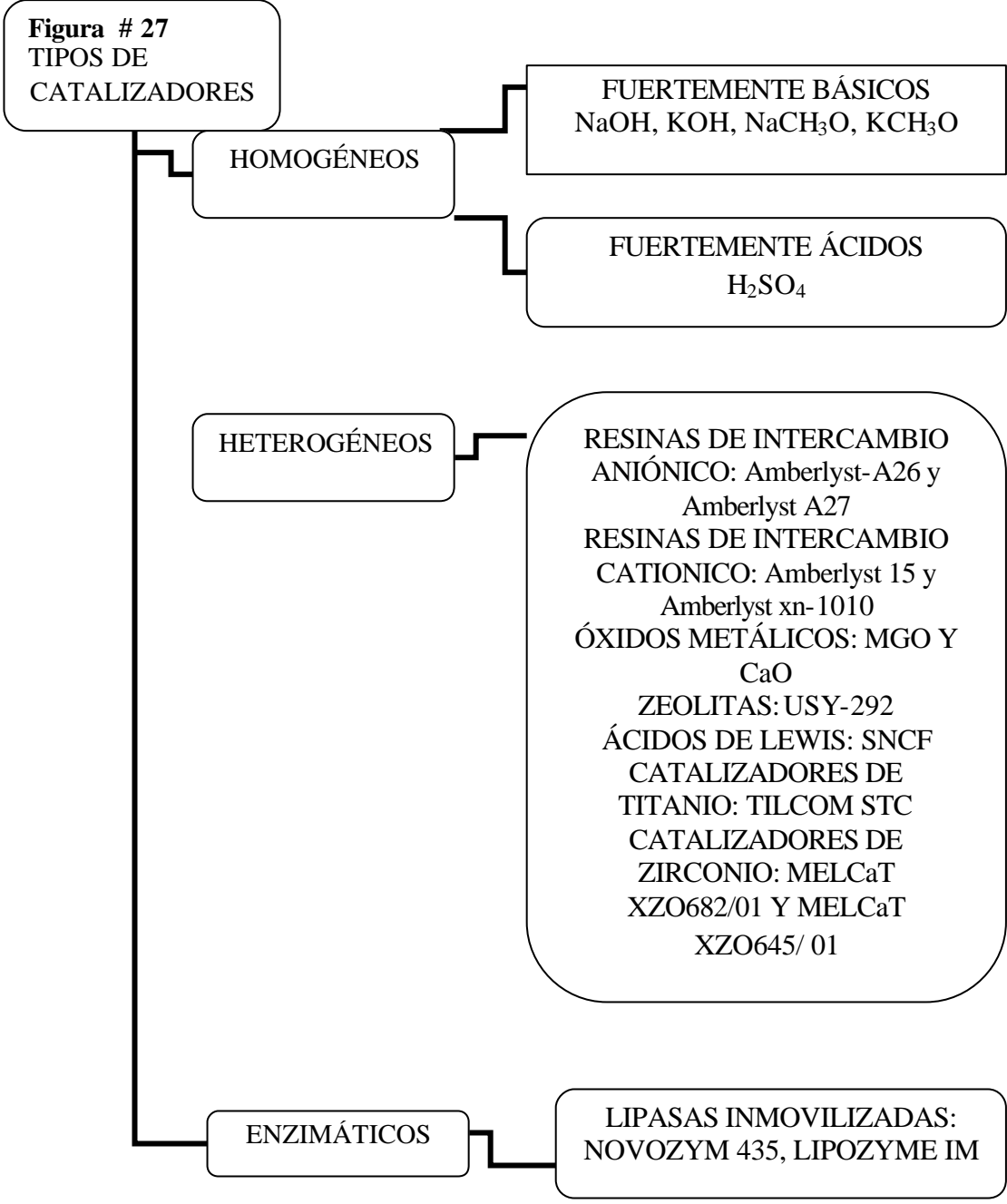
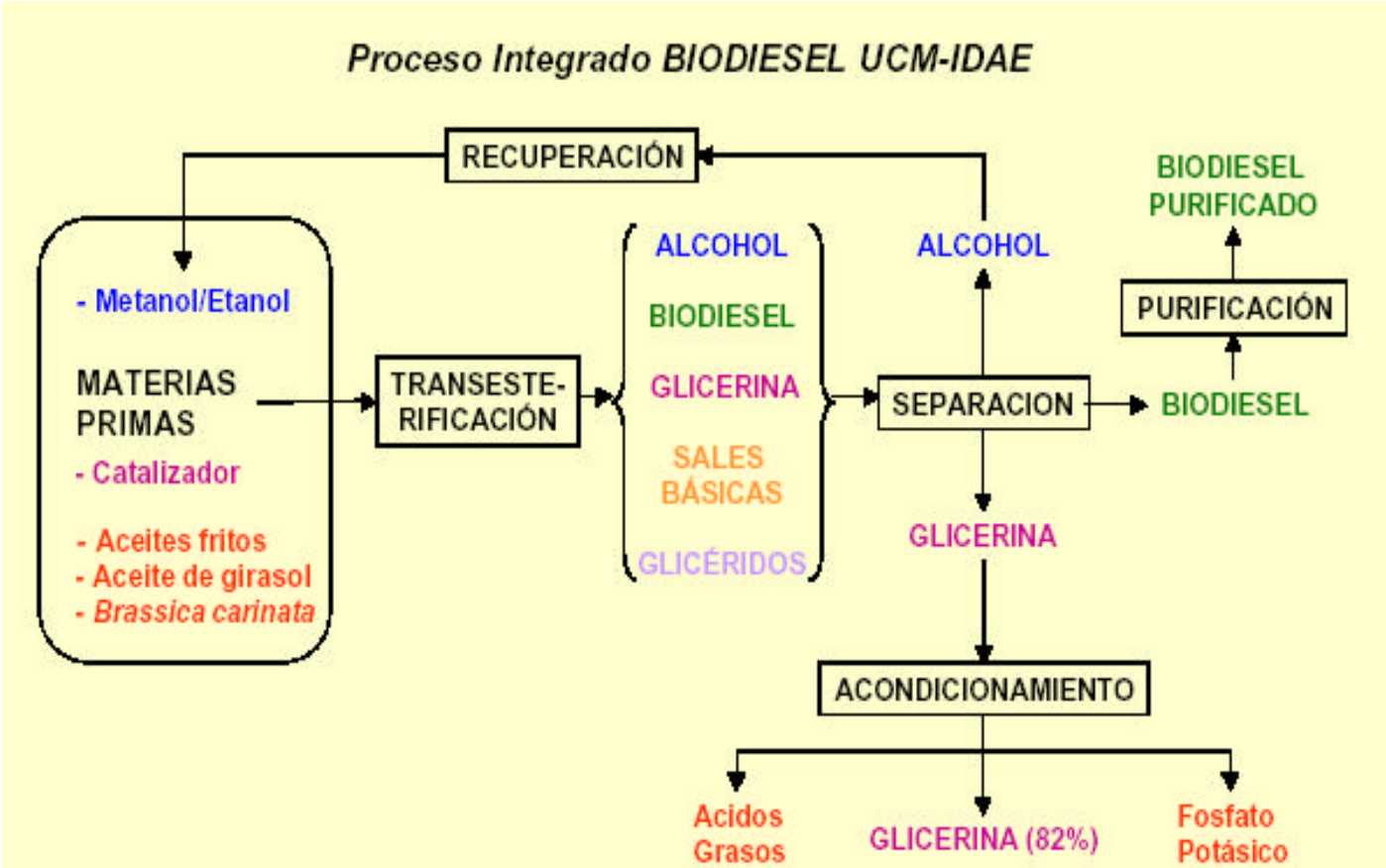


Figura # 28





## **18 -CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS CATALIZADORES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL**

### **Catálisis de la transesterificación**

La reacción puede ser llevada a cabo por tres tipos de catalizadores, entre los que se encuentran los catalizadores ácidos, los básicos y las enzimas.

#### **Proceso catalizado por ácidos.**

En este proceso se usan preferiblemente ácidos como el sulfónico y el sulfúrico. Aunque estos catalizadores dan rendimientos muy altos en alquil ésteres, presentan algunas desventajas como son altas temperaturas de reacción (superiores a 100 °C) y tiempos de reacción muy elevados (hasta 50 horas) para alcanzar la conversión completa de los reactantes. Otra desventaja es que la reacción debe realizarse en ausencia de agua, ya que la presencia de ésta en los reactantes, conlleva a la formación competitiva de ácidos carboxílicos, lo que reduce notablemente el rendimiento de alquil ésteres.

#### **Proceso catalizado por bases**

En este tipo de proceso, a diferencia del anterior, la transesterificación se realiza más rápidamente. Por esta razón, y debido al hecho de que los catalizadores alcalinos son menos corrosivos que los ácidos, se prefiere este tipo de catalizadores, entre los que se encuentran los alcóxidos e hidróxidos de metales alcalinos, así como los carbonatos de sodio y potasio.

Los alcóxidos de metales alcalinos son los catalizadores más activos, puesto que dan rendimientos superiores al 98% en tiempos de reacción cortos (30 minutos), incluso a bajas concentraciones de catalizador (0.5% mol). Los hidróxidos de metales alcalinos como el KOH y el NaOH, son más baratos que los alcóxidos metálicos, pero menos activos. A pesar de esto, se les considera como una buena alternativa para el proceso de transesterificación, ya que pueden dar los mismos niveles de conversión de aceite vegetal que los alcóxidos, simplemente aumentando la concentración de catalizador a 1 o 2% mol.

Sin embargo, este catalizador tiene la desventaja de que la presencia de agua, formada por la reacción del hidróxido con el alcohol, da lugar a la hidrólisis de algunos de los esteres producidos, lo que conlleva a una reacción de saponificación que reduce el rendimiento de ésteres y dificulta la recuperación de la glicerina, debido a la formación de emulsiones.

### **Proceso catalizado por enzimas**

En este tipo de proceso, se suelen usar las lipasas como catalizador de la reacción de transesterificación. El proceso tiene diferentes ventajas, incluyendo: baja formación de coproductos, fácil separación de los productos, y condiciones de reacción moderadas, entre otras. En el proceso, se añade la enzima al medio reaccionante (solución o emulsión) formado por triglicéridos, alcohol y agua. En este momento, se forma una suspensión, debido a que las lipasas son insolubles en la mayoría de los solventes orgánicos. La suspensión es agitada hasta que la reacción se completa; después la enzima es removida y posteriormente los dos productos principales (el monoglicérido y el éster de ácido graso).

La reacción puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente o a temperaturas ligeramente elevadas. La estabilidad de la lipasa es alta y el biocatalizador puede ser fácilmente reutilizado. En este proceso, al igual que en los descritos anteriormente, el agua presente en los reactantes (especialmente en el alcohol) constituye una desventaja, ya que aunque una pequeña cantidad de ésta acelera la reacción, la distribución de los productos se ve afectada.

Las lipasas pueden ser obtenidas de una gran variedad de fuentes, incluyendo mamíferos, residuos y bacterias. Pueden estar en forma de polvo seco, en un soporte inmovilizado tal como sílica, o sobre un micro portador como poli estireno. Aunque las enzimas constituyen una alternativa relativamente nueva en el proceso de transesterificación, existen hoy en día numerosos reportes acerca de las ventajas que supone el uso de las lipasas como catalizadores, frente a los catalizadores convencionales.

Algunas de estas ventajas son: disminución selectiva de las energías de activación, mejora considerable de las velocidades de reacción, transesterificación de glicéridos con un alto contenido de ácidos grasos libres (insaturados), y uso de alcoholes ramificados para la síntesis de alquil ésteres, los cuales incrementan el poder de ignición en los combustibles.

Tabla # II

<i>Plantas de Biodiesel en España</i>				
<b>PLANTA</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>ESTADO</b>
Stocks del Vallés	Montmeló (Barcelona)	BDI (Austria)	6.000 Tm/año	Explotación
Bionet Europa	Reus (Tarragona)	AT_Agrar (Alemania)	50.000 Tm/año	En construcción
IDAE-UCM	Alcalá de Henares (Madrid)	UCM (España)	5.000 Tm/año	En puesta en marcha
Bionor Transformación	Vizcaya	Nopek (USA)	18.000 Tm/año	En puesta en marcha
EHN	Caparroso (Navarra)	Lurgi (Alemania)	25.000 Tm/año	En Construcción
Biodiesel Productions	El Ferrol (A Coruña)	Sauffer (Alemania)	100.000 Tm/año	Diseño
Biodiesel Almadén	Almadén (Ciudad Real)	Enegea (Austria)	20.000 Tm/año	En Construcción
Biocarburants de Catalunya	Cataluña	-	100.000 Tm/año	En definición

## 19 - PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL BIODIESEL

A continuación se presentan las propiedades fisicoquímicas del Biodiesel, según: el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, Normas DIN, ASTM y Unión Europea.

**Tabla # III**

**19-1 Según el Ministerio de Energía y minas de Guatemala**

Propiedades	Proporción biodiesel _ diesel 2D				
	0% (diesel 2D puro)	20%	35%	50%	100% ( Biodiesel puro)
Índice de Cetano	50.7	50.1	50.6	50.5	48.8
Punto de Inflamabilidad (°F)	157	168	172	177	183
Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	3.30	3.69	3.94	4.22	5.23
Destilación ( °F)	633.8	641	644.7	650	650.7
Poder Calorífico ( BTU/LB)	19,020	18,9 50	18,720	18,472	17,223
Densidad API	34	33.2	32.8	32.2	30.6
Corrosión al cobre	1	1	1	1	1
Azufre (%)	0.1	0.09	0.1	0.07	0.02
Agua y sedimentación (%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cenizas (%)	0	0	0	0	0

Tabla # IV

19-2 ESPECIFICACIONES DEL BIODIESEL ( UNIÓN EUROPEA )				
	PROPIEDAD	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	MÉTODO
PROPIEDADES COMO COMBUSTIBLE				
1	Densidad a 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	0.86 – 0.90	En ISO 3675
2	Viscosidad Cinemática 40° C	mm <sup>2</sup> /s	3.5 – 5	EN ISO 12185
3	Punto de Inflamación	° c	>101	EN ISO 3104
4	Punto de Obstrucción del	°c verano	Max. 0	ISO / CD 3679
	Filtro Frió ( POFF)	°c invierno	Max. <-15	DINEN 116
5	Azufre	mg /Kg.	Max. 10	
6	Residuo Carbonoso	% p / p	Max. 0.30	EN ISO 10370
7	Índice de Cetano	-	Min. 51	EN ISO 5164
8	Contenido en Cenizas	% p / p	Max. 0.02	ISO 3987
9		mg /	Max. 500	EN ISO

	Contenido en Agua	Kg.		12937
10	Partículas Sólidas	g / m <sup>3</sup>	Max. 20	DIN 51419
11	Corrosión al cobre (3h/50C)	-	Max. 1	EN ISO 2160
12	Estabilidad a la oxidación ( 110 C)	Horas	6	Pr EN 14112

<b>PROPIEDADES COMO ESTER</b>				
1	Índice de Acidez	mgKOH/g	Max.	Pr.EN 1404
2	Contenido en Etanol	% p / p	Máx. 0.5	pr EN 14110
3	Contenido en Monoglicéridos	% p / p	Máx. 0.2	Pr EN 14105
4	Contenido en Diglicéridos	% p / p	Máx. 0.8	Pr EN14105
5	Contenido en Triglicéridos	% p / p	Máx. 0.2	Pr EN 14105
6	Glicerina Líquida	% p / p	Máx. 0.2	CALCULO
7	Glicerina Libre	% p / p	Máx. 0.2	Pr EN 14105 Pr EN 14106
8	Glicerina Total	% p / p	Máx.. 0.02	Pr14105

9	Indice de Yodo	-	Máx.. 0.25	Pr14111
10	Metales Alcalinos	mg / Kg.	Máx.. 120	Pr14108
	( Na + K )		Máx.. 5	Pr14109
11	Fósforo	MG / Kg.	Máx.. 10	Pr14107

**Tabla # V**

19-3 Laboratory Analysis Maui Batch 98810125				
Fuel Properties	Unit	DIN 51606	US ASTM	Pacific Biodiesel
		Specification	Specification	Batch Results
Flash Point	°C	100 min.	100 min.	170
Water & Sediment	Vol. %	-	0.050 max.	<0.005
Carbon Residue	Wt. %	0.30 max.	0.05 max.	0.07
Sulfated Ash	Wt. %	-	0.020 max.	0.008
Viscosity @ 40°C	cSt.	3.5 – 5.0	1.9 – 6.5	4.9
Sulfur	Wt. %	0.01 max.	0.05 max.	0
Cetane	-	49 min.	40 min.	54.5
Cloud Point	°C	-	3°C	3.3°C
Copper Corrosion	-	1 max.	3B max.	1A
Total Acid number	MgKOH/g	0.50 max.	0.80 max.	0.25
Free Glycerin	Wt. %	0.02 max.	0.02 max.	0
Total Glycerin	Wt. %	0.25 max.	0.24 max.	0.16



**20- POTENCIAL QUE GUATEMALA TIENE PARA PRODUCIR BIODIESEL Y SUSTITUIR LA DEMANDA DE DIESEL EN AL PAÍS**

**Tabla # VI**

**RECURSOS NATURALES QUE MAYOR DISPONE GUATEMALA PARA PRODUCIR BIODIESEL**

<i>Guatemala producto</i>	<b>Año 2000 - 2004 Importaciones Promedio ( TM )</b>	<b>Año 2000 - 2004 Producción Promedio ( TM )</b>	<b>Promedio Total ( TM )</b>
<b>Aceite de Soja</b>	32,595.00	4,964.50	37,559.50
<b>Aceite de Palma Africana</b>	12,552.67	494,975	507,527.67
<b>Aceite de Girasol</b>	31,783.33	0.0	31,783.33
<b>Sebo</b>	51,906.00	0.0	51,906.00
<b>Aceite Hidrogenado</b>	5,388.33	0.0	5,388.33
<b>Grasas Animales</b>	0.0	10,316.67	10,316.67

**Tabla # VII**

**Hectáreas que se cultivan y que se necesitan de Palma Africana, Soya, Aguacate, Arroz, Jatropha Curcas, Coco, Higüerillo, Girasol, Ajonjolí para producir Biodiesel en Guatemala**

<b>Cultivo</b>	<b>Hectáreas cultivadas</b>	<b>Hectáreas necesarias para producir B10</b>	<b>Hectáreas necesarias para producir B20</b>	<b>Hectáreas necesarias para producir B50</b>	<b>Hectáreas necesarias para producir B100</b>
<b>Palma Africana</b>	33388.48	21983.54	43967.08	109,917.72	219835.44
<b>Aguacate</b>	5074.56	49601.18	99194.04	247985.11	495970.21
<b>Coco</b>	618.24	48613.11	97218.06	243045.17	486090.33
<b>Ajonjolí</b>	15334.4	138646.26	277292.43	693231.09	1386462.18
<b>Arroz</b>	4328.96	158452.82	316905.64	792264.11	1584528.21
<b>Girasol</b>	14.08	137088.40	274176.79	685441.98	1370883.95
<b>Higüerillo</b>	1658.88	123241.08	246482.16	616205.41	1232410.82
<b>Soya</b>	207.36	290496.83	580993.66	1452484.19	2904968.37
<b>Jatropha C.</b>	0.00	122008.65	244017.30	610043.41	1220086.66

**Tabla # VIII**

**Hectáreas Totales que se cultivan y que se necesitan de Palma Africana, Soya, Aguacate, Arroz, Jatropha Curcas, Coco, Higüerillo, Girasol, Ajonjolí para producir Biodiesel en Guatemala**

<b>Cultivo</b>	<b>Hectáreas cultivadas para Exportación y Consumo en el País</b>	<b>Hectáreas Totales necesarias para producir B10</b>	<b>Hectáreas Totales necesarias para producir B20</b>	<b>Hectáreas Totales necesarias para producir B50</b>	<b>Hectáreas Totales necesarias para producir B100</b>
<b>Palma Africana</b>	33388.48	55372.02	77,355.56	143,306.20	253223.92
<b>Aguacate</b>	5074.56	54675.74	104,268.60	253,059.67	501044.77
<b>Coco</b>	618.24	49231.35	97,836.30	243,663.41	486708.57
<b>Ajonjolí</b>	15334.4	153980.66	292,626.83	708,565.49	1401796.58
<b>Arroz</b>	4328.96	162781.78	321,234.60	796,593.07	1588857.17
<b>Girasol</b>	14.08	137102.48	274,190.87	685,456.06	1370898.03
<b>Higüerillo</b>	1658.88	124899.96	248,141.04	617,864.29	1234069.7
<b>Soya</b>	207.36	290704.19	581,201.02	1,452,691.55	2905175.73
<b>Jatropha Curcas</b>	0	76735	153,470.00	383,675.10	767350.1

**A las hectáreas necesarias para producir Biodiesel se le sumaron las hectáreas que el país utiliza para la exportación y su consumo**

**Tabla # IX**

**PRODUCCIÓN DE BIODIESEL CON LAS HECTÁREAS DE CULTIVOS OLEAGINOSOS CULTIVADOS EN GUATEMALA ( AÑO 2004 )**

<b>Cultivo</b>	<b>Producción de Biodiesel que se puede obtener de las hectáreas cultivadas ( TM )</b>	<b>Porcentaje que se cubre de la demanda de Diesel que se tiene en el país ( % )</b>
<b>Palma Africana</b>	163072.46	15.19
<b>Aguacate</b>	10985.41	1.02
<b>Coco</b>	1365.57	0.13
<b>Ajonjolí</b>	11874.96	1.11
<b>Arroz</b>	2933.31	0.27
<b>Girasol</b>	11.03	0.001
<b>Maní</b>	1445.22	0.13
<b>Soya</b>	76.64	0.00713
<b>Jatropha C.</b>	0.00	0.00

**Tabla # X**

<b>Cultivo</b>	<b>% que se deja de cubrir o se requiere cultivar más para producir el biodiesel deseado en Guatemala</b>			
	<b>Producción de B10</b>	<b>Producción de B20</b>	<b>Producción de B50</b>	<b>Producción de B100</b>
<b>Palma Africana</b>	-34.16	31.68338301	229.2085174	558.4170349
<b>Aguacate</b>	877.45	1854.731839	4786.829794	9673.659391
<b>Coco</b>	7763.15	15624.97089	39212.43045	78524.85928
<b>Ajonjolí</b>	804.15	1708.303096	4420.757839	8941.515677
<b>Arroz</b>	3560.30	7220.595247	18201.48835	36502.97647
<b>Girasol</b>	973539.20	1947178.338	4868095.881	9736291.69
<b>Higüerillo</b>	7329.17	14758.3478	37045.87011	74191.74021
<b>Soya</b>	139992.99	280085.9857	700364.9836	1400829.962

El signo negativo indica que del total de hectáreas no se utiliza el 34.16%

**Tabla # XI**

<b>Cultivo de Palma Africana por Departamento y Municipio ( Año 2004 )</b>			
<b>Departamento</b>	<b>No. de Fincas</b>	<b>No. de Manzanas</b>	<b>No. de Hectáreas</b>
<b>Escuintla</b>			
La Democracia	1	790	506
Tiquisate	13	6301	4033
La Gomera	7	5341	3418
<b>Nueva Concepción</b>			
	2	2006	1284
<b>Quetzaltenango</b>			
Coate peque	5	6526	4177
<b>Suchitepèquez</b>			
Mazatenango	1	1050	672
<b>Santo Domingo Suchitepèquez</b>			
	3	4854	3107
Santa Bárbara	1	79	51
<b>Retalhuleu</b>			
Retalhuleu	1	951	609
San Sebastián	1	238	152
Champerico	1	640	410
<b>San Marcos</b>			
Ayutla	2	5787	3704
Pajapita	1	265	170
<b>Izabal</b>			
Puerto Barrios	1	1505	963
El Esto	1	5680	3635
Morales	2	2343	1500
<b>Chiquimula</b>			
Camotàn	5	2	1
Olopa	1	0	0
<b>Petèn</b>	3	7813	5000
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>52171</b>	<b>33389</b>

**Tabla # XII**

**RELACIÓN DE LAS HECTÁREAS CULTIVADAS  
Y LAS HECTÁREAS POTENCIALES POR CULTIVAR  
DE PALMA AFRICANA EN GUATEMALA ( AÑO 2004 )**

<b>Departamento</b>	<b>No. de Hectáreas Cultivadas de Palma Africana</b>	<b>No. de Hectáreas potenciales para cultivar Palma Africana</b>	<b>Hectáreas potenciales que restan y pueden ser cultivadas por Palma Africana</b>
Escuintla	9240	83308.54	74068
Quetzaltenango	4177	29434.5	25258
Suchitepèquez	3829	77426	73597
Retalhuleu	1171	48858.17	47688
San Marcos	3873	12958.87	9086
Izabal	6097	87548.12	81451
Chiquimula	1	0	0
Peten	5001	12932.99	7932

**Tabla # XIII**

<b>Número de fincas Censales y superficie dedicada a cultivos ( Excepto Pastos ) según régimen de tenencia de la tierra Según Censo 2004 en Guatemala</b>			
<b>régimen de Tenencia</b>	No. de Fincas	No. de Manzanas	No. de Hectáreas
<b>Formas simples</b>			
Propia a modo de propiedad	602730	2257193	1444603.52
En arrendamiento	81334	228586	146295.04
En colonato	6871	15759	10085.76
En usufructo	9674	13184	8437.76
Ocupada	5136	53106	33987.84
Otra forma simple de tenencia	3350	11343	7259.52
<b>Formas Mixtas</b>			
Propio y en arrendamiento	96499	238385	152566.4
Propio y en usufructo	4339	18715	11977.6
Propio y en Colonato	2249	16084	10293.76
Propio y ocupada	1001	7257	4644.48
Otras formas mixtas de tenencia	8645	47437	30359.68
<b>Total</b>	<b>821828</b>	<b>2907049</b>	<b>1860511.36</b>

**Tabla # XIV**

<b>Cultivo de Palma Africana por Departamento En Guatemala ( Año 2004 )</b>			
<b>Departamento</b>	<b>No. de Fincas</b>	<b>No. de Manzanas</b>	<b>No. de Hectáreas</b>
Escuintla	23	14438	9240
Quetzaltenango	5	6526	4177
Suchitepèquez	5	5983	3829
Retalhuleu	3	1829	1171
San Marcos	3	6052	3873
Izabal	4	9527	6097
Chiquimula	6	2	1
Peten	3	7812	5001
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>52169</b>	<b>33389</b>

**Tabla # XV**

**SUPERFICIE DE CULTIVOS OLEAGINOSOS PRIMARIOS CULTIVADOS  
EN GUATEMALA ( Año 2004 )**

<b>Cultivo</b>	<b>Hectáreas cultivadas</b>
<b>Palma Africana</b>	<b>33388.48</b>
<b>Aguacate</b>	<b>5074.56</b>
<b>Coco</b>	<b>618.24</b>
<b>Ajonjolí</b>	<b>15334.4</b>
<b>Arroz</b>	<b>4328.96</b>
<b>Girasol</b>	<b>14.08</b>
<b>Higüerillo</b>	<b>1658.88</b>
<b>Soya</b>	<b>207.36</b>



**Tabla # XVI**

**Producción de Aceite y la necesaria para producir Biodiesel en Guatemala, A partir de Palma Africana, Soya, Higüerillo, Aguacate y Piñón, ( año 2004 )**

<b>CULTIVO</b>	<b>TM de Aceite totales que se Importan y se producen en Guatemala</b>	<b>TM de Aceite necesarias para producir B10</b>	<b>TM de Aceite necesarias para producir B20</b>	<b>TM de Aceite necesarias para producir B50</b>	<b>TM de Aceite necesarias para producir B100</b>
<b>Palma Africana</b>	507,527.67	109917.70	219835.40	549588.60	1099177.20
<b>Aguacate</b>	0	109965.82	219913.19	549782.99	1099565.96
<b>Coco</b>	0	109865.63	219712.82	549282.08	1098564.15
<b>Ajonjolí</b>	0	109530.55	219061.02	547652.56	1095305.12
<b>Arroz</b>	0	110283.16	220566.33	551415.82	1102831.63
<b>Girasol</b>	0	109670.72	219341.43	548353.58	1096707.16
<b>Higüerillo</b>	0	109684.56	219369.12	548422.81	1096845.63
<b>Soya</b>	37,559.50	108936.31	217872.62	544681.57	1089363.14
<b>Jatropha Curcas</b>	0	122008.65	244017.30	610043.41	1220086.66

**Tabla # XVII**

**Producción de Aceite y la necesaria Total para producir Biodiesel en Guatemala, A partir de Palma Africana, Soya, Higüerillo, Aguacate y Piñón, ( año 2004 )**

	TM de Aceite totales que se importan y se producen en Guatemala	TM de Aceite necesarias Total para producir B10	TM de Aceite necesarias Total para producir B20	TM de Aceite necesarias Total para producir B50	TM de Aceite necesarias Total para producir B100
<b>CULTIVO</b>					
<b>Palma Africana</b>	507,527.67	617445.37	727363.07	1057116.27	1606704.87
<b>Aguacate</b>	0	109965.82	219913.19	549782.99	1099565.96
<b>Coco</b>	0	109865.63	219712.82	549282.08	1098564.15
<b>Ajonjolí</b>	0	109530.55	219061.02	547652.56	1095305.12
<b>Arroz</b>	0	110283.16	220566.33	551415.82	1102831.63
<b>Girasol</b>	0	109670.72	219341.43	548353.58	1096707.16
<b>Higüerillo</b>	0	109684.56	219369.12	548422.81	1096845.63
<b>Soya</b>	37,559.50	146495.81	255432.12	582241.07	1126922.64
<b>Jatropha Curcas</b>	0	122008.65	244017.30	610043.41	1220086.66

**A las toneladas métricas de Aceite necesarias para producir Biodiesel se le sumaron las toneladas métricas que se importan y se producen en el país para el consumo.**

## 21- DETALLES RESPECTO DE LA PALMA AFRICANA

### **Cómo influye el aceite de palma en la salud humana?**

Fuente natural de las Vitaminas A y E .No contiene ni produce colesterol y es fuente de energía, no contiene ni produce ácidos grasos *trans*\* No representa un factor de riesgo de enfermedades coronarias Tiene propiedades anti cancerígenas Previene la deficiencia de Vitamina A\* Estos ácidos grasos *trans* se han asociado con incremento del riesgo del cáncer, aumento del colesterol y alteraciones cardiovasculares

### **Cuál es el proceso de extracción del aceite de palma?**

La extracción del aceite se realiza mediante procesos mecánicos y térmicos, como se muestra en el siguiente esquema: **Cuál es la composición del aceite de palma?**

**Figura # 29 COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE PALMA**

	<b>Ácidos Grasos</b>	<b>(%)</b>
	Saturados	50,0
	Láurico	0,1
	Mirístico	1,0
	Palmítico	43,8
	Esteárico	4,8
	Araquídico	0,3
	Monoinsaturados	39,0
	Palmitoleico	0,1
	Oleico	38,9
	Poliinsaturados	10,9
	Linoleico	10,6
	Linolénico	0,3

**Los cultivos de palma de aceite son amigables con el medio ambiente y los recursos naturales renovables**

**Figura # 30 Palma Africana**



- Todas las partes de la palma se reutilizan, por lo tanto no hay desperdicios que causen problemas ambientales por contaminación.
- Para el control de plagas son mínimos o nulos en algunos casos los consumos de productos químicos y, por el contrario, es fuerte la estrategia del manejo integrado donde el control biológico juega un papel fundamental que favorece la biodiversidad en los cultivos.
- Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma de aceite es la más eficiente en la conversión de energía.
- El cultivo de palma de aceite, como recurso forestal, contribuye con la protección del suelo, mejora la incorporación de materia orgánica, evita la erosión y mejora la capacidad de retención de humedad.

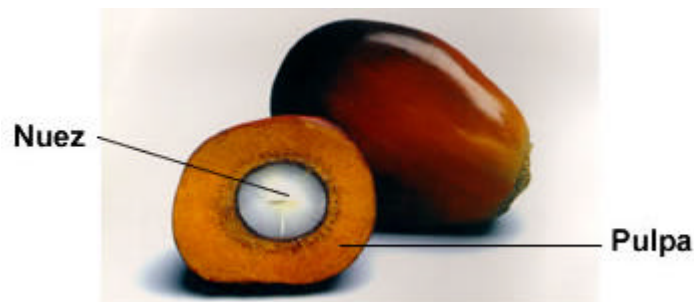
**¿Cuáles son los requerimientos de suelo, clima y altitud para el cultivo de la Palma de Aceite o Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.)?**

Dado que la palma de aceite es un cultivo tropical, su mejor adaptación se encuentra en la franja ecuatorial, entre 15 grados de latitud norte y sur. La temperatura media mensual óptima es de 28 grados centígrados a 500 metros sobre el nivel de mar.

**¿Qué tipo de aceite se extrae de los frutos de la palma?**

De los frutos de la palma de aceite, los cuales se encuentran adheridos al racimo, se extraen dos tipos de aceite: el aceite de palma extraído de la pulpa o mesocarpio y el denominado aceite de palmiste, obtenido de la almendra, el cual deja un residuo denominado torta de almendra o de palmiste, de gran valor para la elaboración de alimentos concentrados para animales.

**Figura # 31 FRUTO DE PALMA**



**¿Para que se usa el aceite de palma?**

El aceite de palma se consume en todo el mundo como aceite de cocina para freír, en panadería, pastelería, confitería, salas, helados, alimentos congelados y deshidratados entre otros.

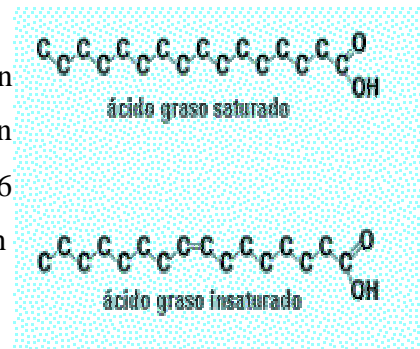
Por otra parte el aceite de palma es materia prima que se utiliza en la producción de jabones, detergentes, cosméticos, velas, tintas, pinturas y además tiene una gran aplicación en la oleo química.

## **PORQUE EL ACEITE DE PALMA RINDE MAS QUE OTROS ACEITES EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL**

Los ácidos grasos se pueden clasificar en dos grupos :

### **FIGURA # 32**

**ÁCIDOS GRASOS SATURADOS:** sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Son ejemplos de este tipo de ácidos el palmítico (16 átomos de C) y el esteárico (18 átomos de C) suelen ser **SÓLIDO** a temperatura ambiente.



**ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS:** tienen uno o varios enlaces dobles . Son ejemplos el oleico (18 átomos de C y un doble enlace) y el linoleico (18 átomos de C y dos dobles enlaces) suelen ser **LÍQUIDOS** a temperatura ambiente.

**TABLA # XVIII** Ácidos Grasos y sus números de Carbonos saturados e insaturados

Nombre	Número de carbonos
Ácido palmítico	16 saturado
Ácido esteárico	18 saturado
Ácido oleico	18 insaturado
Ácido linoleico	18 insaturado
Ácido linolénico	18 insaturado
Ácido araquidónico	20 insaturado

### TRIGLICÉRIDOS O GRASAS

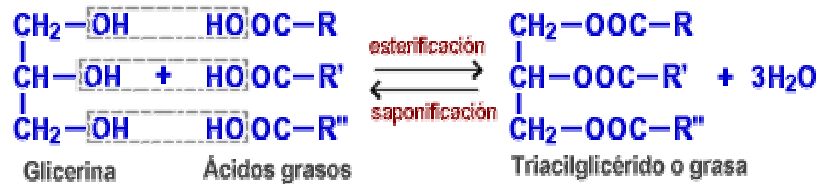
Una de las reacciones características de los ácidos grasos es la llamada reacción de esterificación mediante la cual un ácido graso se une a un alcohol mediante un enlace covalente, formando un éster y liberándose una molécula de agua como se ilustra en la figura.

**Figura # 33** Reacción de esterificación





**Figura # 34** formación de un triglicérido



Los ácidos grasos saturados son más difíciles de utilizar por el organismo, ya que sus posibilidades de combinarse con otras moléculas están limitadas por estar todos sus posibles puntos de enlace ya utilizados o "saturados"

Es también por esta razón que mientras más saturado este un aceite es más fácil que reaccione para formar el etil o metil Ester ( biodiesel ), pero el costo del aceite más saturado con los proveedores es mayor que los aceites insaturados o menos saturados.

Y según la tabla anterior el ácido palmítico es uno de los ácidos que más abunda en el aceite de palma y debido a que es un ácido saturado, el aceite de palma es un buen precursor para la formación de biodiesel como recurso renovable.



## CONCLUSIONES

1) Guatemala, en la producción de recursos renovables que dispone, como lo son las plantas oleaginosas, grasa, sebo aceite reciclable, no tiene la Capacidad de sustituir la demanda de Diesel Fósil por Biodiesel en un 100%

2) El recurso renovable que mayormente dispone Guatemala para producir Biodiesel, es el cultivo y fruto oleaginoso de la Palma Africana.

3) El cultivo y Aceite del fruto oleaginoso de Palma Africana como recurso renovable que Guatemala, dispone para poder sustituir la demanda de Diesel Fósil por Biodiesel, solamente se tiene en un 15.19%, equivalente a una producción de 163,072.46 Toneladas Métricas ( Tm ) de Biodiesel a partir de 33,388.48 Hectareas de Palma Africana.

4) Guatemala no tiene las Hectáreas de superficie cultivadas necesarias del fruto oleaginoso de Palma Africana, para producir y sustituir la demanda del 100% de Diesel por Biodiesel

4) La producción de otros recursos renovables que Guatemala dispone para la producción de Biodiesel están : Higüerillo, Aguacate, Soya, Ajonjolí, Arroz, Jatropha Curcas, Girasol, Sebo, Aceite Hidrogenado y Grasa Animales. Pero debido a la producción tan baja que se tiene en el país, estos son mas insuficientes que el fruto oleaginoso de Palma Africana y es necesario una mayor producción de ellos .

5) Para cubrir la demanda en un 10 % ( B10 ), y en 20% ( B20 ) de Biodiesel por Diesel, **sí**, se tienen las Toneladas métricas necesarias de Aceite de Palma Africana. - 109917.70Tm y 219835.40 TM , respectivamente - .

6) El potencial que tiene Guatemala para cultivar Palma Africana en todo el País es de 721,603.58 Hectáreas de Palma Africana

## RECOMENDACIONES

1) Para cubrir la demanda en un 10% , 20% , 50 % y 100% ( B 10, B20 , B50 , B100 ) de Biodiesel por Diesel se tiene que cultivar 55372.02, 77,355.56, 143,306.20, 253223.92, Hectáreas/ año, de Palma Africana respectivamente . Cubriendo con estos valores, la demanda que Guatemala tiene del cultivo de palma africana para su consumo y exportación.

2) Para cubrir la demanda en un 10% , 20% , 50 % y 100% ( B 10, B20 , B50 , B100 ) de Biodiesel por Diesel, se debe tener una producción de 617,445.37, 727,363.0, 1,057,116.27, 1,606,704.87 TM / año, de aceite de Palma Africana – respectivamente - . Cubriendo con estos valores, la demanda que Guatemala tiene del aceite de palma africana para su consumo y exportación.

## **BIBLIOGRAFIA**

1) Producción de Biodiesel a partir de aceites usados, José Aracil Mira, Laboratorio de Procesos Químicos y Bioquímicos Integrados, Universidad Complutense de Madrid

### **BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA**

- 1) [http:// www.veggievan.org/biodiesel](http://www.veggievan.org/biodiesel)
- 2) [http:// www.dieseln.net.com](http://www.dieseln.net.com)
- 3) [http:// www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org)
- 4) [http:// www.biodiesel.com.ar/](http://www.biodiesel.com.ar/)
- 5) [http:// www.savoiapower.com/biodies.htm](http://www.savoiapower.com/biodies.htm)
- 6) [http:// www.veggievan.org/book.htm/](http://www.veggievan.org/book.htm/)
- 7) [http:// www.sitio.de/energía](http://www.sitio.de/energía)
- 8) [http:// www.journeytoforever.org](http://www.journeytoforever.org)
- 9) [http:// www.enlazando.com/energia](http://www.enlazando.com/energia)
- 10) [http:// www.biodiesel.intl.com](http://www.biodiesel.intl.com)
- 11) [http:// www.veggievan.org/biodiesel](http://www.veggievan.org/biodiesel)
- 12) <http://www.energianatural.com.ar/index.html>

13) <http://www.biodiesel.org/>

14) [www.agroterra.com/mercado/det\\_sector.ASP?IdProducto](http://www.agroterra.com/mercado/det_sector.ASP?IdProducto)

15) [journeytoforever.org/energiaweb/elaboracion.htm](http://journeytoforever.org/energiaweb/elaboracion.htm)

16) [www.biodiesel.com.ar/](http://www.biodiesel.com.ar/)

17) [es.wikipedia.org/wiki/Biodiésel](http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiésel)

18) [www.proparaguay.gov.py/BIODIESEL/Biodiesel-Paraguay\\_en\\_la\\_Vanguardia.pdf](http://www.proparaguay.gov.py/BIODIESEL/Biodiesel-Paraguay_en_la_Vanguardia.pdf)

19) [http://zulia.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/search/EnProyectoGr/xmlInfo.do?nro\\_id\\_grupo=00613051XZ1FN0&seq\\_proyecto=4420](http://zulia.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/search/EnProyectoGr/xmlInfo.do?nro_id_grupo=00613051XZ1FN0&seq_proyecto=4420)

## APÉNDICE



**CÁLCULO DEL POTENCIAL QUE GUATEMALA  
TIENE PARA PRODUCIR BIODIESEL Y CUBRIR LA DEMANDA  
QUE TIENE EL PAÍS DE DIESEL FÓSIL**

**A) Cálculo de las hectáreas necesarias para producir Biodiesel:**

Para encontrar las Hectáreas necesarias de Palma africana y cubrir la demanda deseada de Diesel por Biodiesel se encontró el cociente entre los datos de la tabla del Combustible Diesel

10% de la demanda del Diesel	107367.63
20% de la demanda del Diesel	214735.26
50% de la demanda del Diesel	536838.15
100% de la demanda del Diesel	1073676.31

Y la tabla de la TM de Biodiesel / Ha Cultivada

Producción de Biodiesel por Hectárea Cultivada De:	Litros Biodiesel/Ha	TM / Litro Biodiesel	TM Biodiesel / Ha
Palma Africana	5550	8.80E-04	4.88E+00

Obteniéndose el siguiente resultado:

CULTIVO	Hectáreas para producir B10	Hectáreas para producir B20	Hectáreas para producir B50	Hectáreas para producir B100
Palma Africana	21983.54	43967.08	109,917.72	219835.44

### B) Calculo de las toneladas Métricas Necesarias de Aceite de Palma producir Biodiesel

Para encontrar las Toneladas Métricas necesarias de Aceite de Palma africana y cubrir la demanda deseada de Diesel por Biodiesel se multiplicaron las Hectáreas encontradas en el calculo A anterior, con las TM de Aceite / Ha de Cultivo, de la tabla siguiente:

CULTIVO	Kg. de Aceite / Ha	1 TM / 1000 Kg.	TM de Aceite / Ha
Palma Africana	5000	1000	5

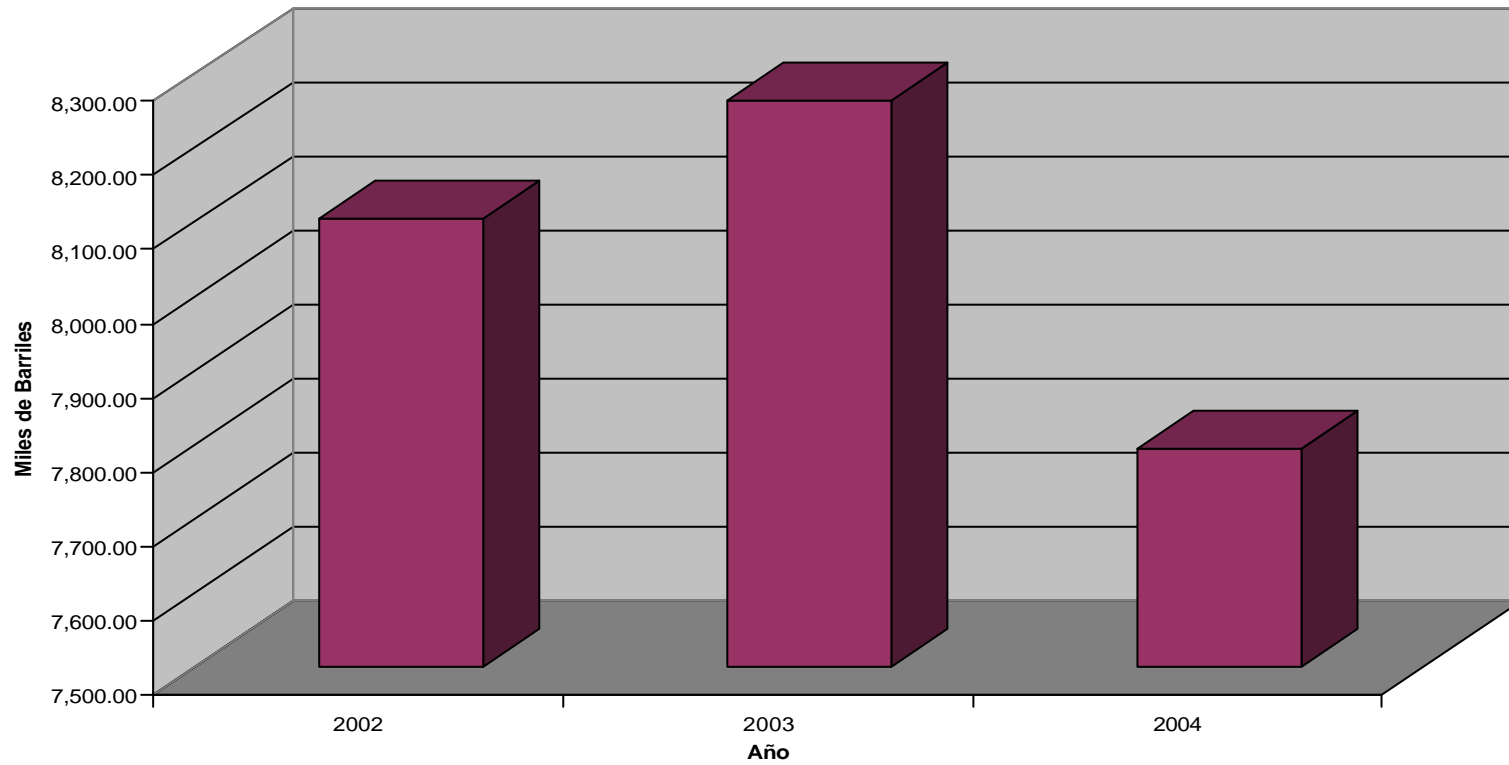
Obteniendo el siguiente resultado:

CULTIVO	TM de Aceite totales que se importan y se producen en Guatemala	TM de Aceite necesarias para producir B10	TM de Aceite necesarias para producir B20	TM de Aceite necesarias para producir B50	TM de Aceite necesarias para producir B100
Palma Africana	507,527.67	109917.70	219835.40	549588.60	1099177.20

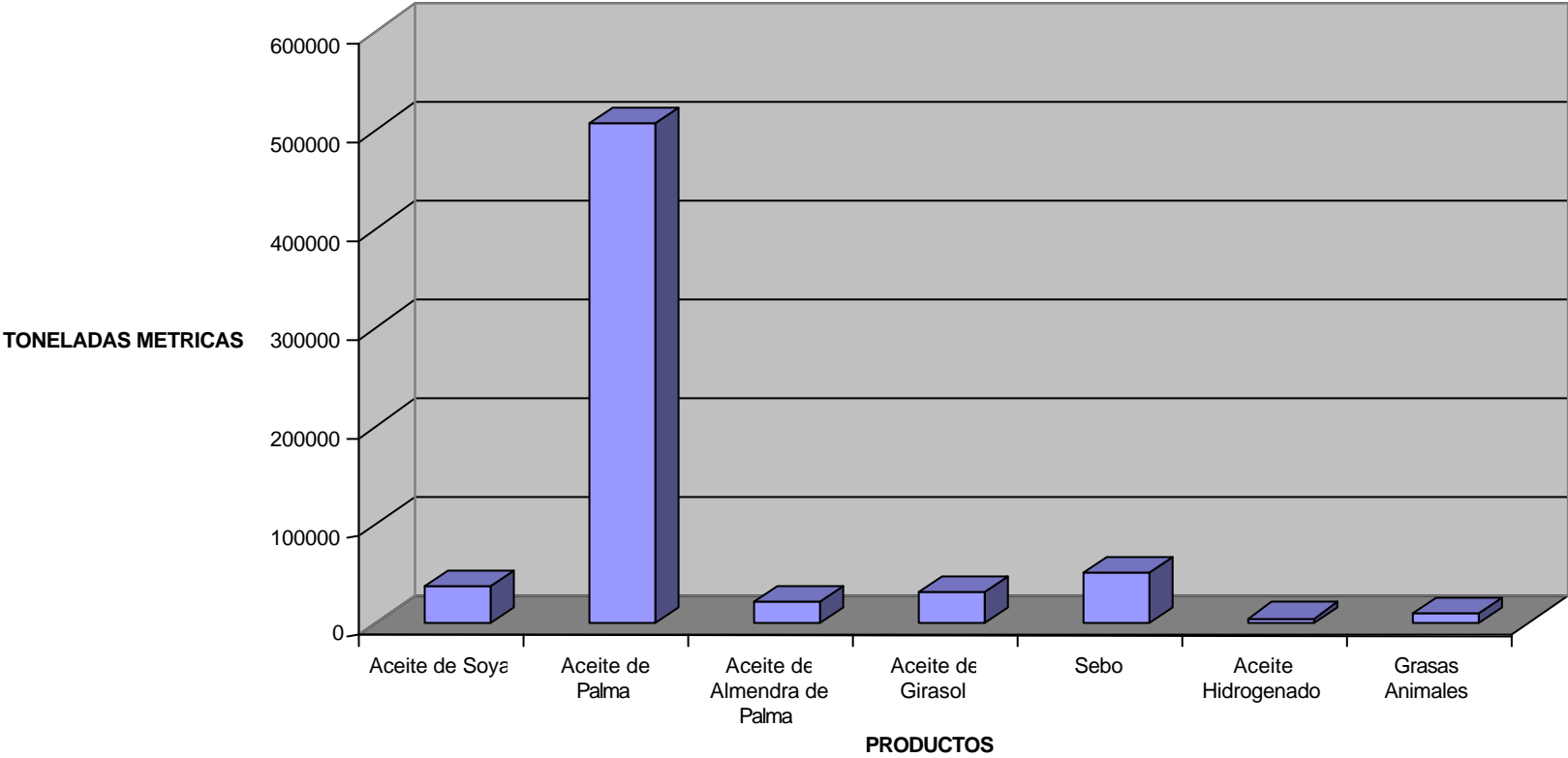
## **ANEXO**

**Grafica # 1**

**Consumo que tiene Guatemala de Diesel por año**

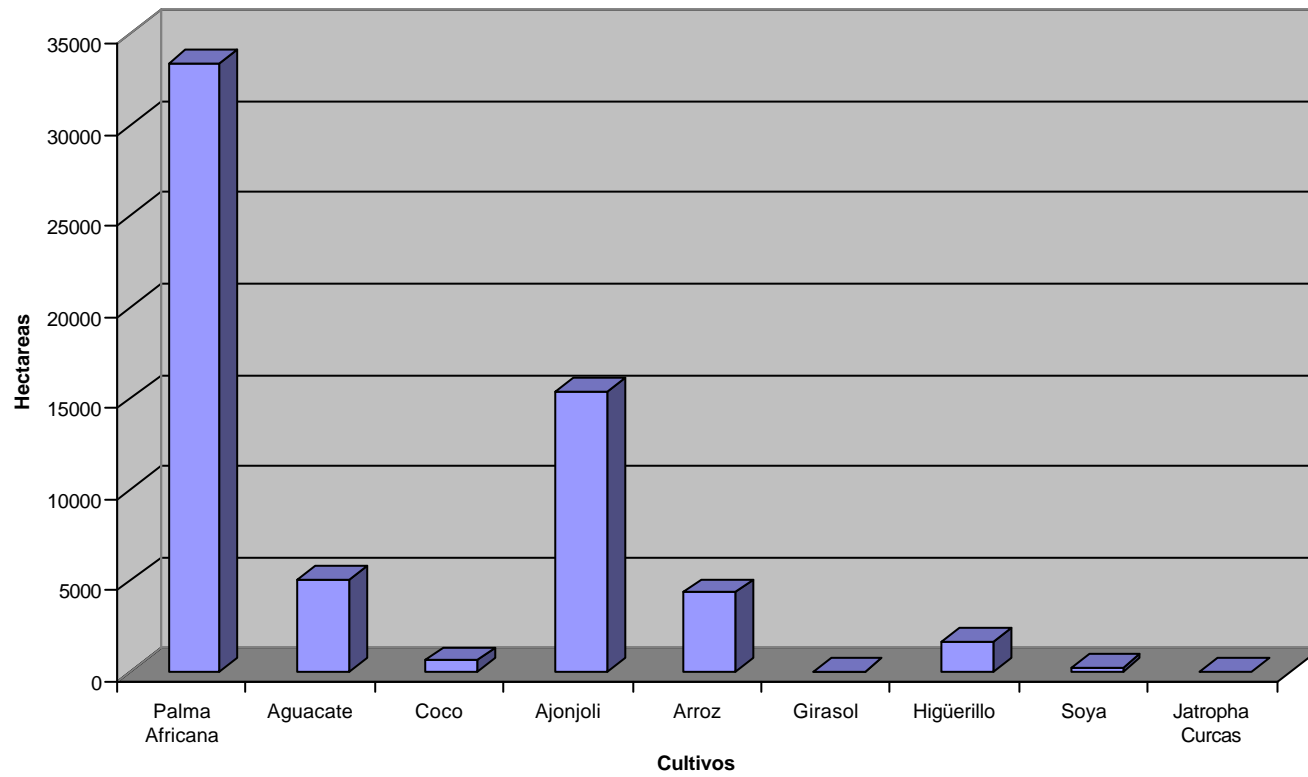


**GRAFICA # 2**  
**RECURSOS NATURALES EN ACEITE, QUE MAYOR DISPONE GUATEMALA**  
**PARA PRODUCIR BIODIESEL**



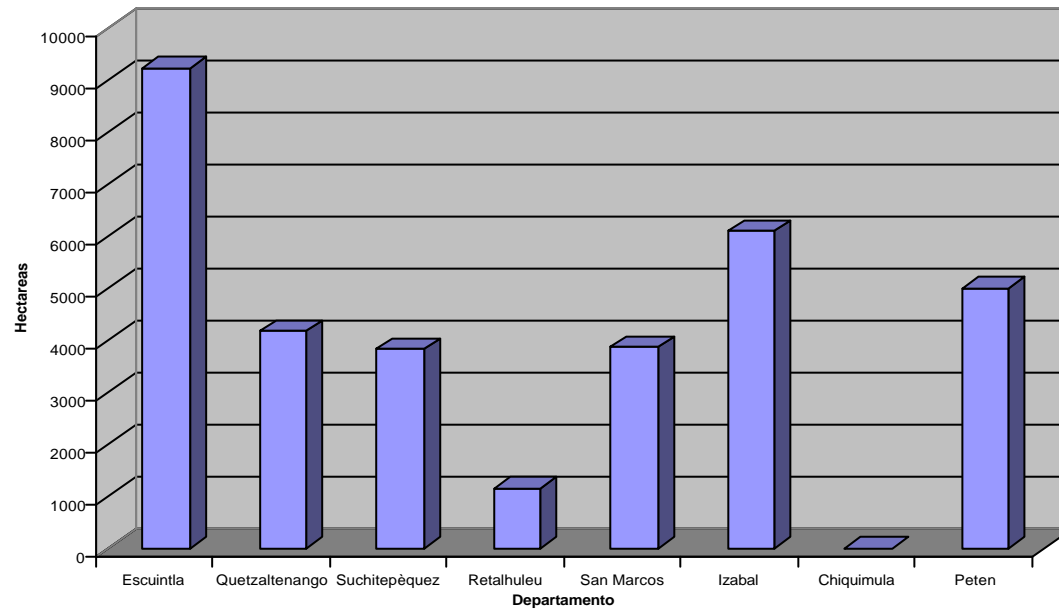
### GRAFICA # 3

Hectareas cultivadas vrs. Cultivos Oleaginosos



**Grafica # 4**

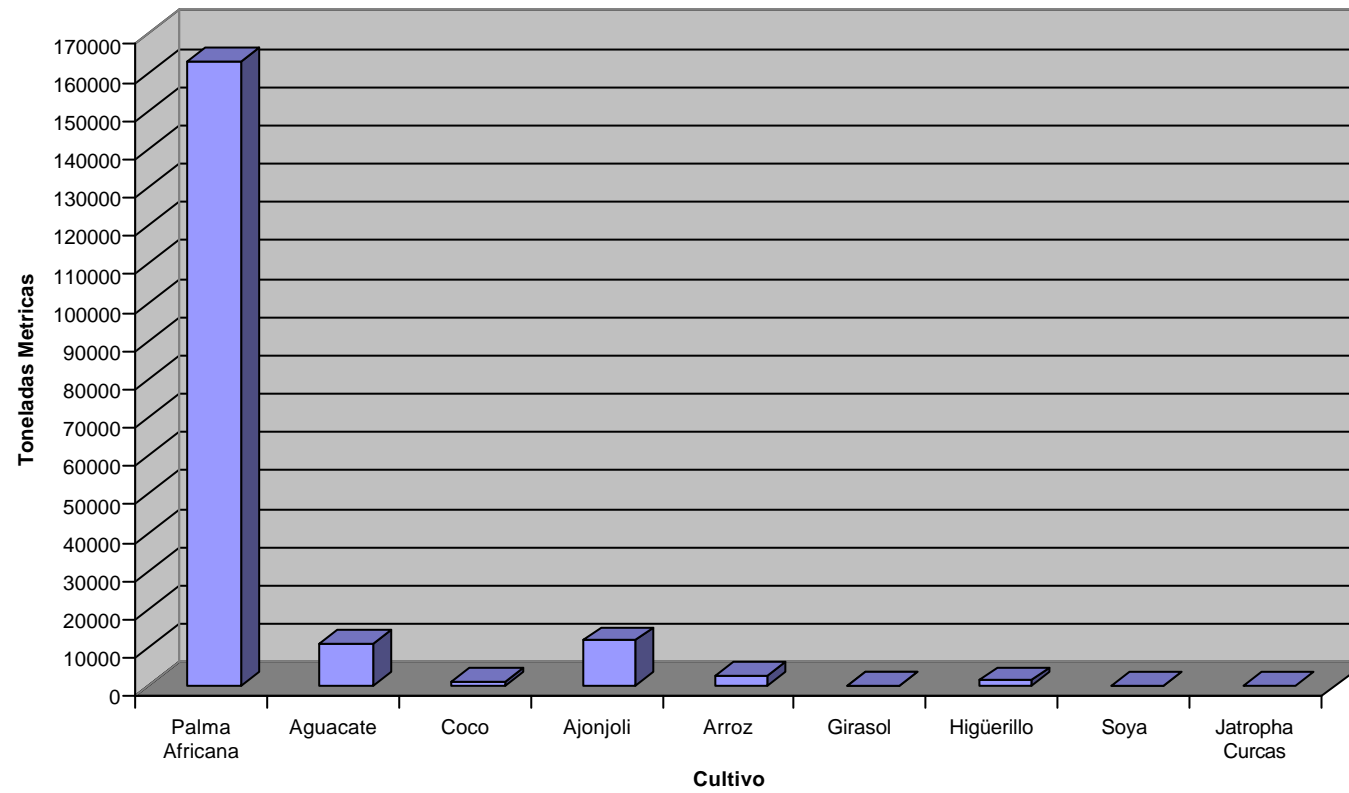
**Cultivo de Palma africana por Departamento**



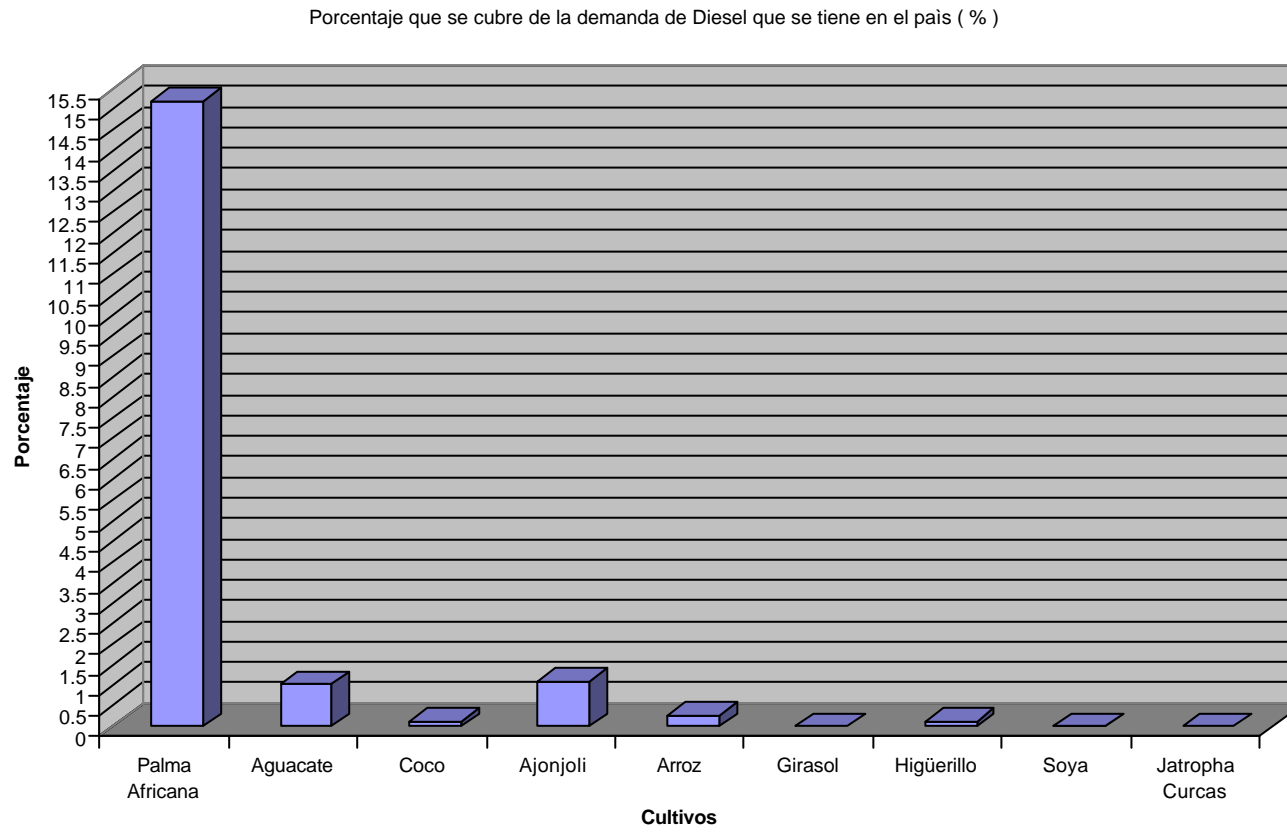


**Grafica # 5**

**Producción de Biodiesel que se puede obtener de las hectareas cultivadas**

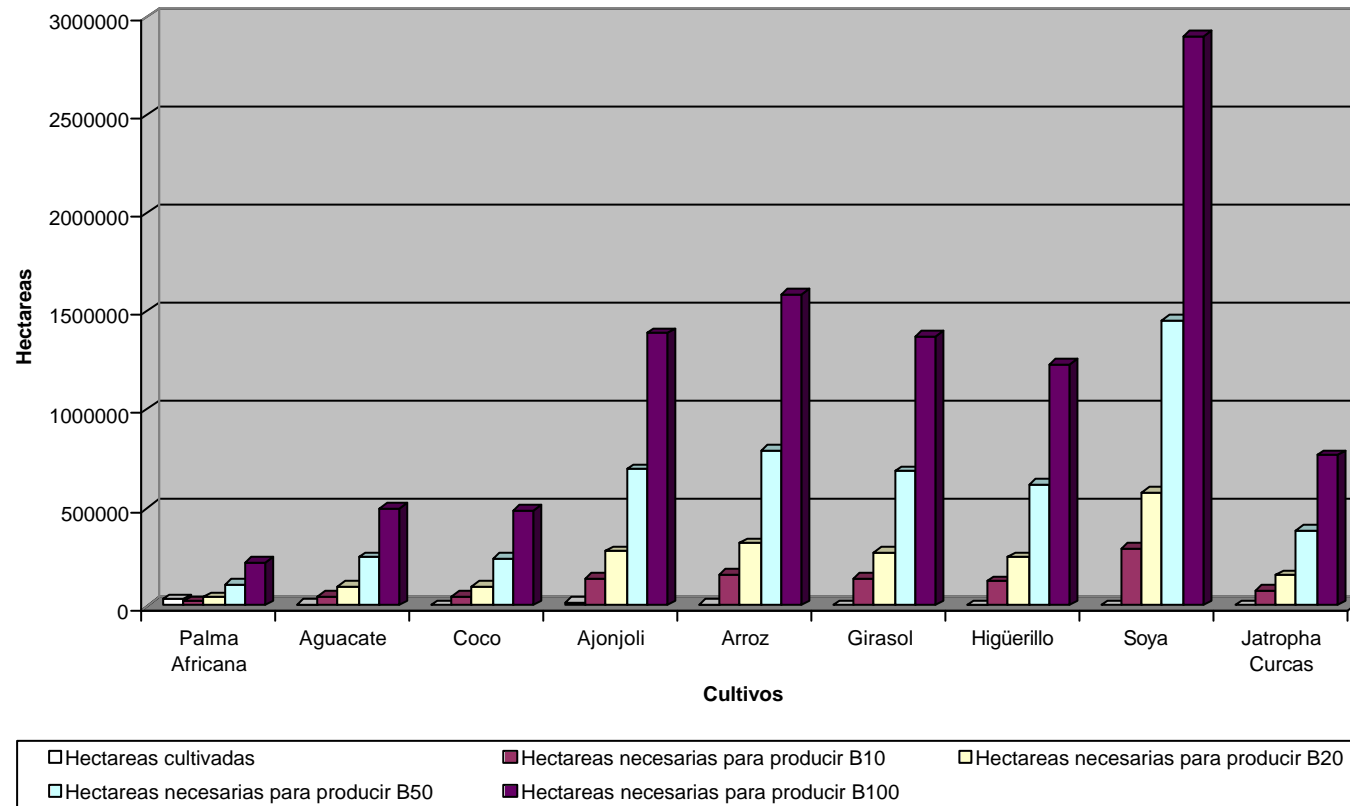


### Grafica # 6

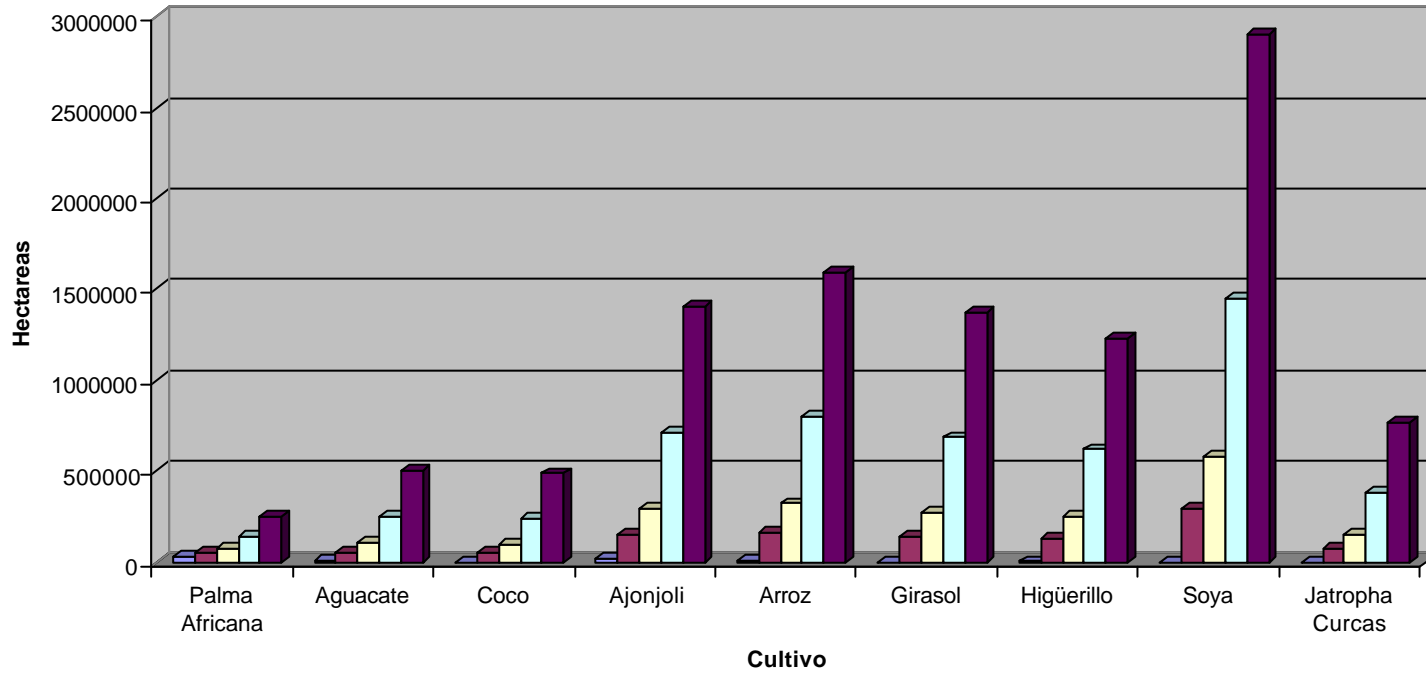


**Grafica # 7**

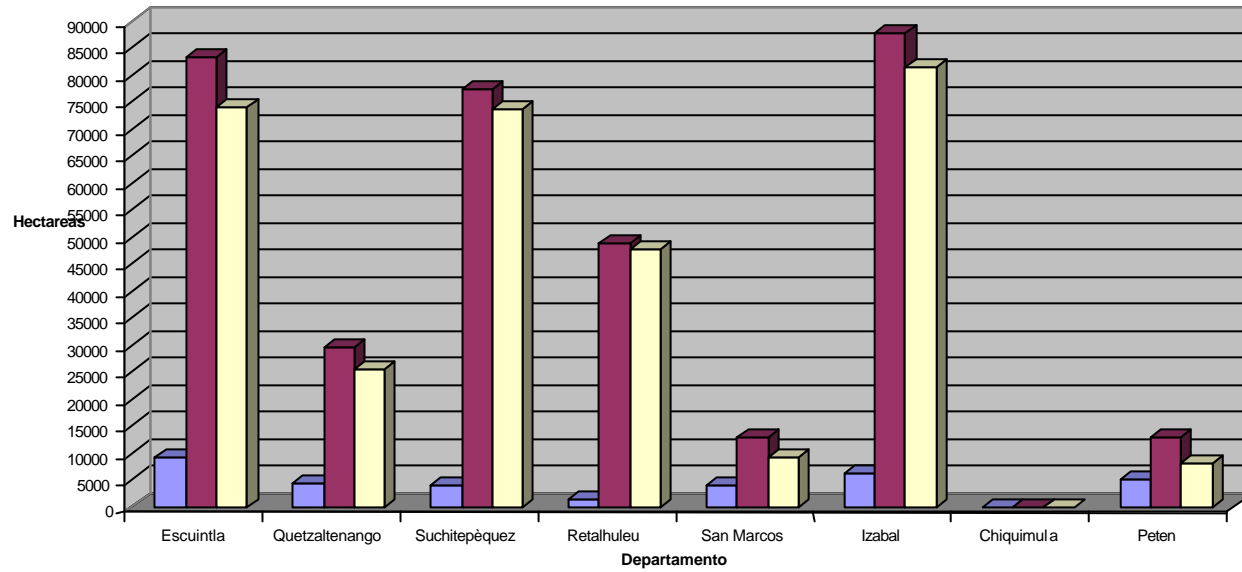
**Hectareas de cultivos Oleaginosos para producir Biodiesel**



**Grafica # 8**  
**Hectareas totales necesarias para Cultivar Palma Africana y Producir Biodiesel**



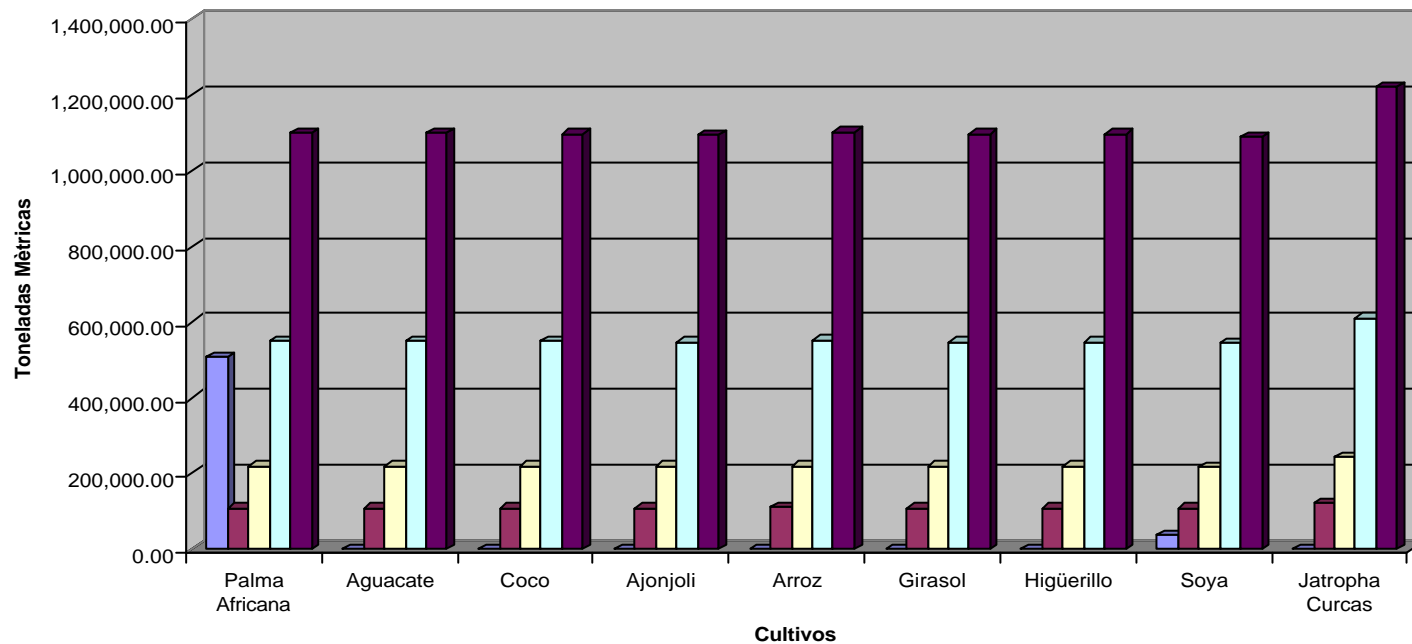
**Grafica # 9**  
**Relación entre las Hectareas cultivadas y las Potencialmente utiles para cultivar Palma Africana**



■ No. de Hectareas Cultivadas de Palma Africana
 ■ No. de Hectareas potenciales para cultivar Palma Africana  
■ Hectareas potenciales que restan y pueden ser cultivadas

**Grafica # 10**

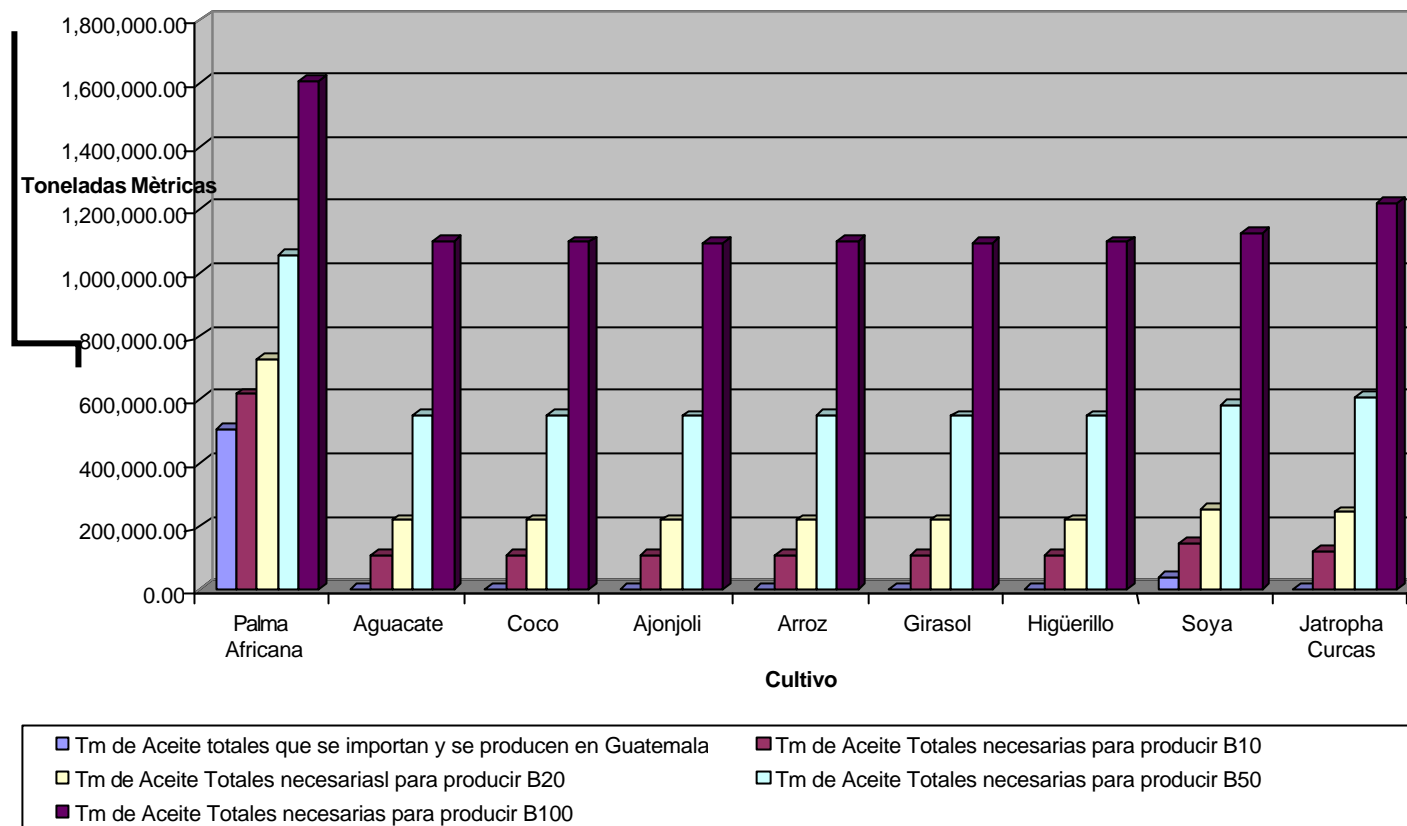
**Producción de Aceite util para Producir Biodiesel**



■ Tm de Aceite totales que se importan y se producen en Guatemala    
 ■ Tm de Aceite necesarias para producir B10  
■ Tm de Aceite necesarias para producir B20    
 ■ Tm de Aceite necesarias para producir B50  
■ Tm de Aceite necesarias para producir B100

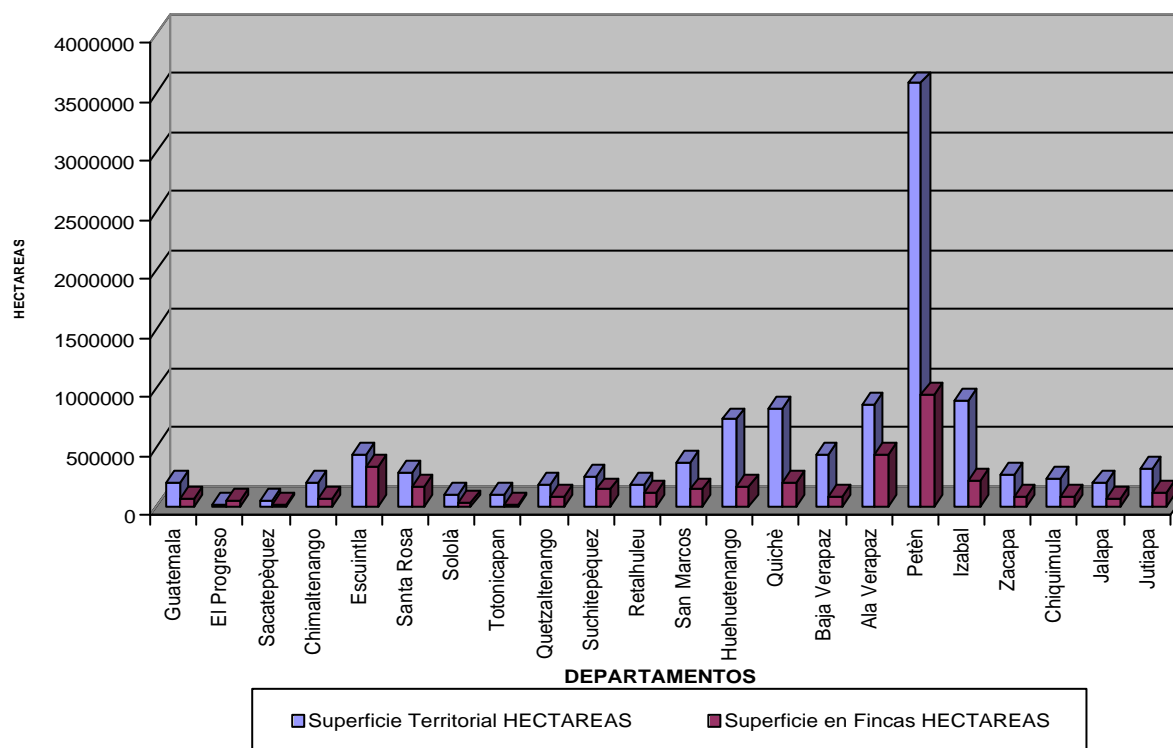
**Grafica # 11**

**Producción de Aceite Total para Producir Biodiesel**



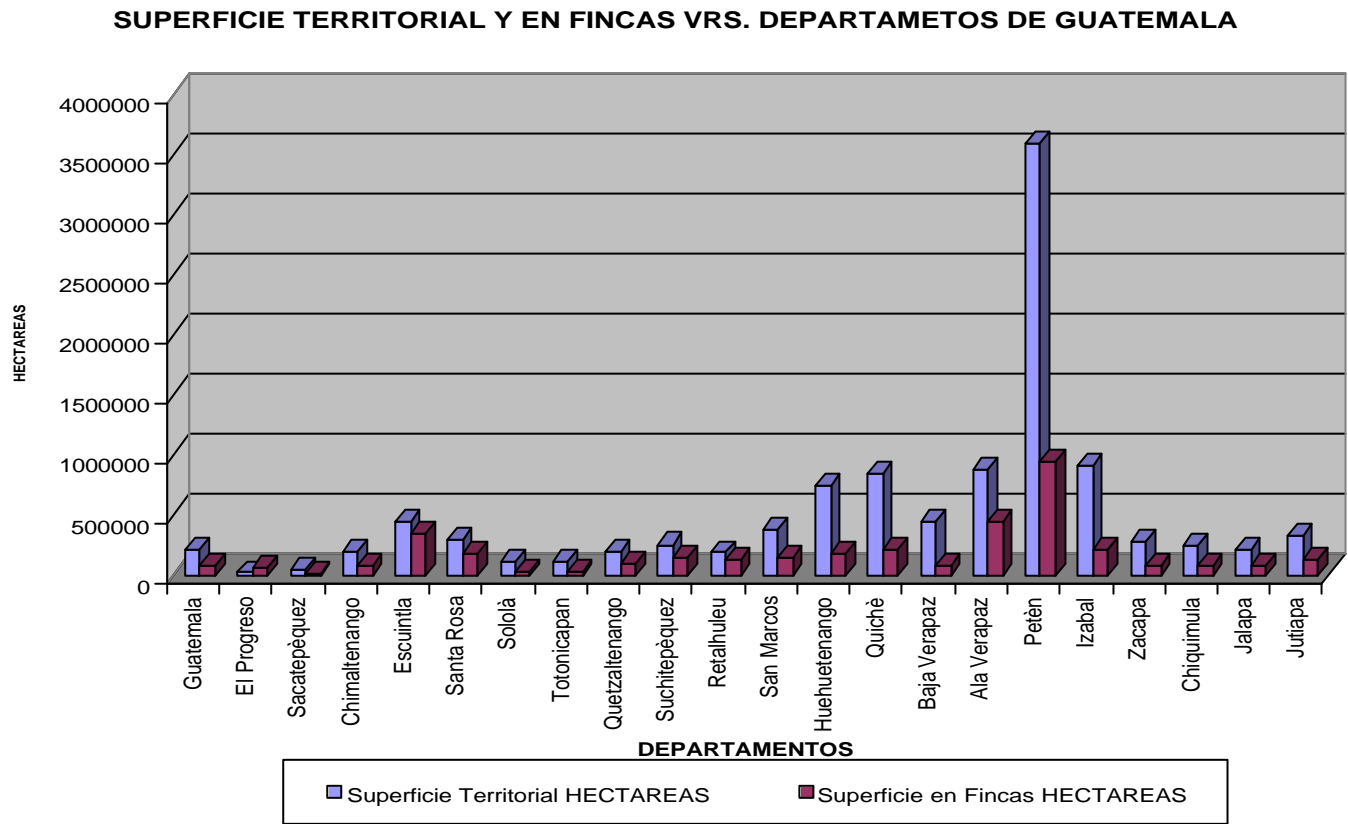
**Grafica # 12**

**SUPERFICIE TERRITORIAL Y EN FINCAS VRS. DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA**



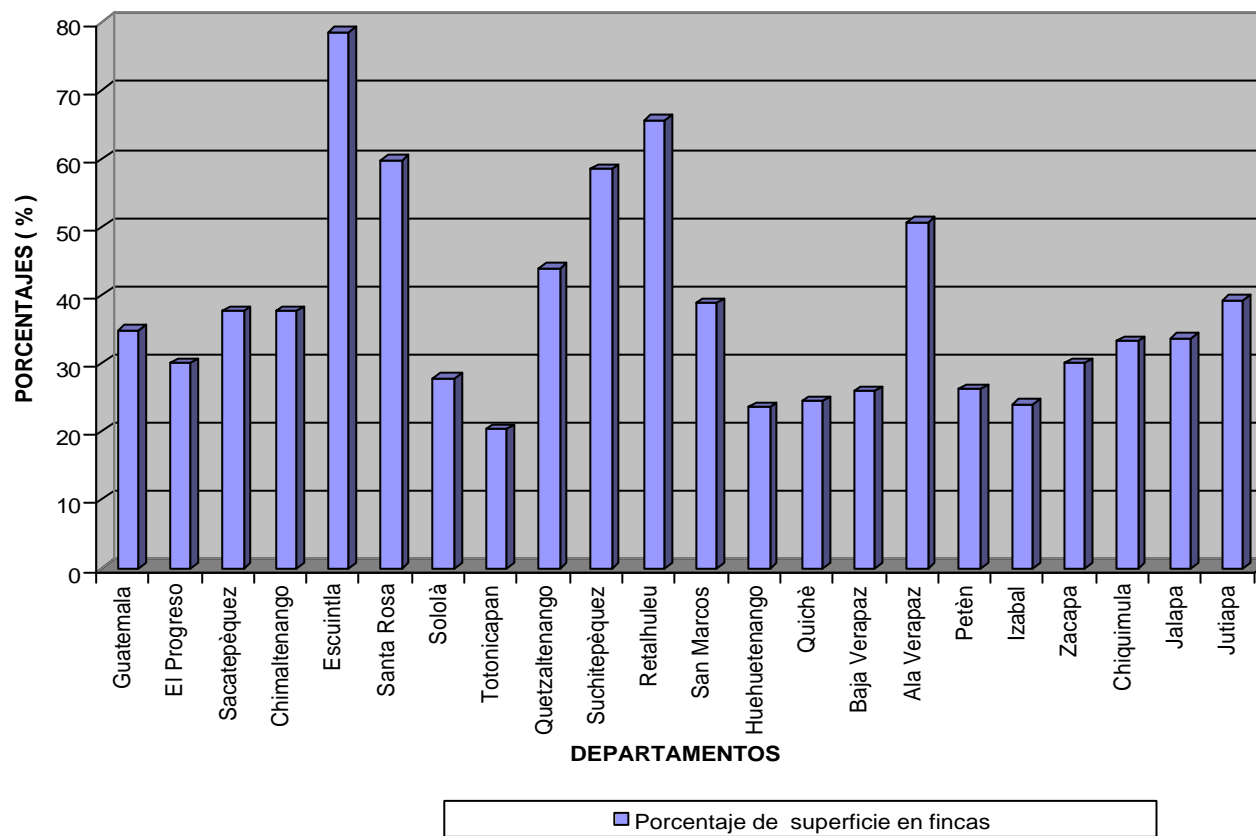


Grafica # 13



**GRAFICA # 14**

**PORCENTAJE DE SUPERFICIE EN FINCAS VRS. DEPARTAMENTOS**



**Figura # 35 Áreas potenciales para el cultivo de Palma Africana en la República de Guatemala**

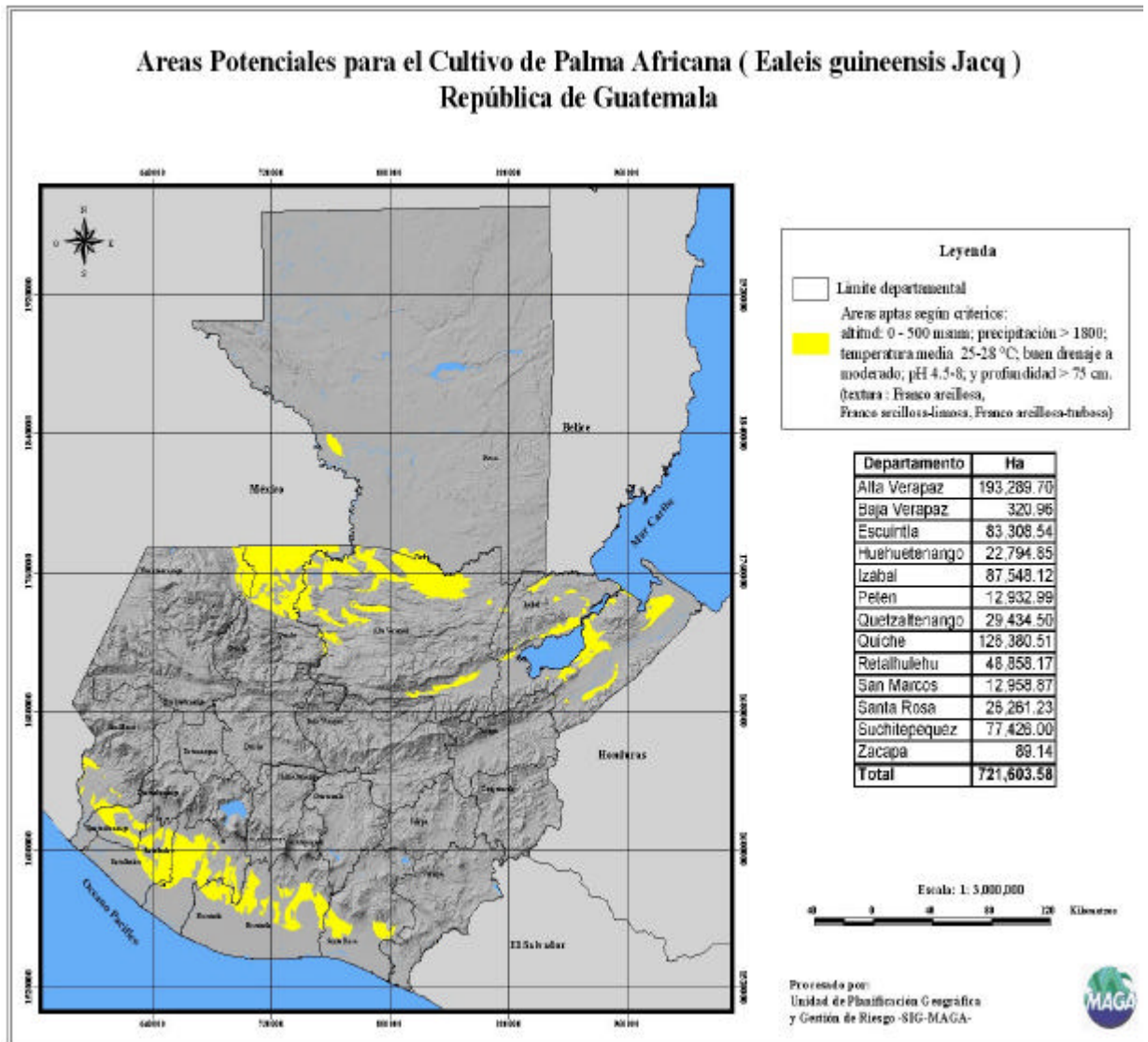


Tabla # XIX

**PRODUCCIÓN E IMPORTACIÓN DE  
ACEITES Y GRASAS EN GUATEMALA**

<i>Guatemala producto</i>	<b>Año 2000 - 2003 Importaciones Promedio ( miles de TM )</b>	<b>Año 2000 - 2003 Producción Promedio ( miles de TM )</b>	<b>Promedio total</b>
<b>Aceite de Maíz</b>	2,838.33		2,838.33
<b>Aceite de Soja</b>	32,595.00	4,964.50	37,559.50
<b>Aceite de Maní</b>	62.33		62.33
<b>Aceite de Copra</b>	373.67		373.67
<b>Aceite de Palma AFRICANA</b>	12,552.67	494,975.00	507,527.67
<b>Aceite de Oliva</b>	582.33		582.33
<b>Aceite de Ricino</b>	12.33		12.33
<b>Aceite de Girasol</b>	31,783.33		31,783.33
<b>Aceite de Colza</b>	614.67		614.67
<b>Aceite Orujo Aceitunas</b>	207.33		207.33
<b>Aceite de Tung</b>	0		0
<b>Aceite de Jojoba</b>	0		0
<b>Aceite de Sésamo</b>	13.67	300	313.67
<b>Aceite de Mostaza</b>	2.67		2.67
<b>Aceite de Algodón</b>	364.67	186.25	550.92
<b>Aceite de Linaza</b>	761		761
<b>Otros Aceites Vegetales</b>	177.33	4	181.33
<b>Grasas de Lana Lanolina</b>	32.33		32.33
<b>Grasas de Cerdo</b>	716		716
<b>Aceite y Grasas Animales</b>	13.33		13.33
<b>Cera de Abejas</b>	17		17
<b>Aceite Estearina &amp; Mance</b>	0		0
<b>Sebo</b>	51,906.00		51,906.00
<b>Aceite Cocid Oxid Deshid</b>	245.67		245.67
<b>Aceite Hidrogenado</b>	5,388.33		5,388.33
<b>Acidos Grasos Aceit Acid</b>	372.33		372.33
<b>Grasas Animales</b>		10,316.67	10,316.67
<b>Grasas Animales Crudas</b>		9,750	9750
<b>Aceite de Nuez de Cocos</b>	373.67		373.67

**SEMILLA OLEAGINOSA  
Y SU CONTENIDO DE ACEITE EN %**

**Tabla # XX**

<b>PALMA AFRICANA</b>	<b>38 - 45%</b>
<b>SÉSAMO</b>	<b>50 - 56 %</b>
<b>COLZA</b>	<b>38 - 45 %</b>
<b>MOSTAZA</b>	<b>38 - 45 %</b>
<b>LINO</b>	<b>40 - 50 %</b>
<b>ALGODÓN</b>	<b>18 - 22 %</b>
<b>SOJA</b>	<b>18 - 22 %</b>
<b>ALMENDRA DE PALMA</b>	<b>20 - 22 %</b>
<b>MANÍ</b>	<b>46 - 48 %</b>
<b>CASTOR</b>	<b>40 - 48 %</b>
<b>GIRASOL</b>	<b>32 - 40 %</b>
<b>COPRA</b>	<b>62 - 68 %</b>
<b>HIGUERILLO</b>	<b>20 - 43 %</b>

**% de Extracción de aceite según la semilla**  
**Cantidad típica de extracción en cada 100kg de semilla:**

**Tabla # XXI**

PALMA	36 Kg.	SOJA	14 Kg.
SÉSAMO	50 Kg.	ALMENDRA DE PALMA	20 Kg.
COLZA	37 Kg.	MANÍ	42 Kg.
MOSTAZA	35 Kg.	CASTOR (TARTAGO)	36 Kg.
LINO	42 Kg.	GIRASOL	32 Kg.
ALGODÓN	13 Kg.	COPRA	62 Kg.

**Tabla # XXI.I Semilla oleaginosa y su contenido de aceite en %**

**Maní**



(Kernels) 46 to 48%

**Castor  
(Tartago, Ricino)**



40 to 48%

**Girasol**



32 to 40%

**Copra**



62 to 68%

**PALMA  
CAROZO**



38 to 45%

**SÉSAMO**



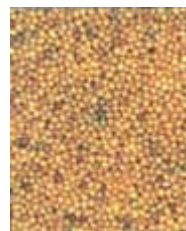
50 to 56%

**COLZA**



38 to 45%

**MOSTAZA**



38 to 45%

**LINO**



40 to 50%

**ALGODÓN**



18 to 22%

**SOJA**



18 to 22%

**PALMA**



20 to 22%

En un proceso completo de molienda + proceso químico, los litros de BODIESEL que se obtienen por hectárea, dependerán del cultivo que da origen al aceite vegetal, según se observa en la siguiente tabla:

**Tabla # XXII**

**Litros de Biodiesel / Hectárea Cultivada**

- Soja (Glicine máx.): 420 litros.	- Ricino (tartago) ( <i>Ricinus communis</i> ): 1320 litros.
- Arroz ( <i>Oriza sativa</i> ): 770 litros.	- Jatropha ( <i>Jatropha curcas</i> ): 1590 litros.
- Tung ( <i>Aleurites fordii</i> ): 880 litros.	- Aguacate (palta) ( <i>Persea americana</i> ): 2460 litros.
- Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> ): 890 litros.	- Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ): 2510 litros.
- Maní ( <i>Arachis hipogaea</i> ): 990 litros.	- Cocotero ( <i>Acrocomia aculeata</i> ): 4200 litros.
- Colza ( <i>Brassica napus</i> ): 1100 litros.	- Palma ( <i>Elaeis guineensis</i> ): 5550 litros.

**TABLA # XXIII**

**CONSUMO DE DIESEL**

**EN GUATEMALA**

<b>Año</b>	<b>Miles de Barriles</b>
<b>2002</b>	<b>8,104.20</b>
<b>2003</b>	<b>8,263.47</b>
<b>2004</b>	<b>7,794.89</b>



**USO DE TIERRAS  
EN GUATEMALA**

**TABLA # XXIV**

<b>GUATEMALA</b>	<b>Año</b>		
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>Uso de tierras Superficie total ( 1000 Ha)</b>	10,889	10,889	10,889
<b>Superficie agrícola ( 1000Ha)</b>	4,507	4,507	4,507
<b>Tierras arables y cultivo perm. ( 1000 Ha)</b>	1,905	1,905	1,905
<b>Tierras arables o labranza ( 1000 Ha )</b>	1,360	1,360	1,360
<b>Tierras de cultivos permanentes ( 1000 Ha)</b>	545	545	545
<b>Praderas y pastos permanentes ( 1000Ha )</b>	2,602	2,602	2,602

**RENDIMIENTO DE CULTIVOS OLEAGINOSOS  
( HECTOGRAMOS / HECTÁREA)**

**TABLA # XXV**

<b>Guatemala Rendimiento (Hg/Ha)</b>	<b>Año</b>				
	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Soja</b>	30,548	29,091	26,923	32,273	29,708.75
<b>Maní con Cáscara</b>	8,988	9,497	9,125	9,412	9,255.50
<b>Cocos</b>	35,088	34,783	34,783	34,783	34,859.25
<b>Palma Africana Aceitera</b>	227,574	244,293	282,723	282,723	259,328.25
<b>Almendras de Palma</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000.00
<b>Semilla de Sésamo</b>	3,629	6,048	6,048	6,048	5,443.25
<b>Algodón sin Desmotar</b>	21,429	21,429	21,429	21,429	21,429.00
<b>Semilla de Algodón</b>	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000.00

**TABLA # XXVI**

<b>AJONJOLÍ: ÁREA, PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO,</b>									
<b>IMPORTACIÓN, EXPORTACIÓN Y PRECIO MEDIO</b>									
<b>AÑOS: 1984/85 - 2003/04</b>									
<b>Año agrícola</b>	<b>Área cosechada (miles de manzanas)</b>	<b>Producción (miles de quintales)</b>	<b>Rendimiento (quintales por manzana)</b>	<b>Año calendario</b>	<b>Importación 2/</b>		<b>Exportación 2/</b>		
<b>1/</b>					<b>Miles de quintales</b>	<b>Miles de US dólares</b>	<b>Miles de quintales</b>	<b>Miles de US dólares</b>	<b>Precio Medio</b>
<b>2000/01</b>	75.0	700.0	9.3	<b>2001</b>	72.7	2,226.3	421.2	18,265.2	43.4
<b>2001/02</b>	76.0	714.0	9.4	<b>2002</b>	44.9	761.4	568.4	20,316.8	35.7
<b>2002/03</b>	77.0	757.6	9.8	<b>2003</b>	60.8	2,269.6	449.9	16,759.5	37.2
<b>2003/04</b>	79.0	772.7	9.8						

1/ Comprende el período de octubre de un año a septiembre del siguiente.

FUENTE: Instituto Nacional de Comercialización Agrícola -INDECA- (1984/85 - 1992/93);  
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- y Banco de Guatemala.

<b>PALMA AFRICANA (Elaeis guineensis) ( TABLA # XXVII )</b>				
<b>COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA, TEMPORADA 2003/2004</b>				
<b>CULTIVO SEMITECNIFICADO</b>				
<b>-En quetzales-</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>MEDIDA</b>		<b>UNITARIO</b>	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>4,217.54</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				400.00
2. COSTO DE ESTABLECIMIENTO 1/				1,471.92
3. MANO DE OBRA				1,192.96
a) Limpias	Jornal	7.00	37.28	260.96
b) Fertilización	Jornal	3.00	37.28	111.84
c) Control fitosanitario	Jornal	1.00	37.28	37.28
d) Podas	Jornal	3.00	37.28	111.84
e) Mantenimiento de caminos	Jornal	2.00	37.28	74.56
f) Cosecha	Jornal	12.00	37.28	447.36
g) Séptimos días				149.12
4. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 2/				309.81
a) Aspersadora mecánica	Hr. Bomba	2.00	8.88	17.76
b) Carretón	Hora	3.00	18.89	56.68
c) Camión	Hora	3.00	78.46	235.38

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>5. INSUMOS</b>				<b>817.85</b>
a) Combustibles	Galón	3.00	15.45	46.35
b) Lubricantes	Litro	1.00	19.00	19.00
c) Fertilizantes completos	Quintal	5.50	106.68	586.71
d) Insecticidas				
-Contacto	Libra	6.00	5.12	30.72
-Sistémicos	Litro	1.00	90.99	90.99
e) Fungicidas sistémicos	Libra	1.00	18.64	18.64
f) Adherente	Litro	1.00	25.43	25.43
<b>6. INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS</b>				<b>25.00</b>
a) Aperos agrícolas	Unidad	1.00	25.00	25.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>872.90</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				42.18
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				71.58
3. Financieros (17 % s/C.D. 12 M.)				716.98
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				42.18
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>5,090.44</b>
(Para una producción de 56 quintales en concha)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>90.90</b>
1/ Se estima que la plantación tiene una vida útil de 20 años, por lo que cada año se carga 1/20 de ese costo.				

<b>SOYA (Glycine max) ( TABLA # XXVIII )</b>				
<b>COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA, TEMPORADA 2003/2004</b>				
<b>CULTIVO TECNIFICADO</b>				
<b>-En quetzales-</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>MEDIDA</b>		<b>UNITARIO</b>	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>4,281.38</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				350.00
2. MANO DE OBRA				1,661.62
a) Chapeo	Jornal	2.00	37.28	74.56
b) Aradura	Jornal	2.00	37.28	74.56
c) Rastreado	Jornal	4.00	37.28	149.12
d) Nivelación	Jornal	2.00	37.28	74.56
e) Aplicación de inoculante	Jornal	1.00	37.28	37.28
f) Siembra	Jornal	3.00	37.28	111.84
g) Limpias	Jornal	2.00	37.28	74.56
h) Control fitosanitario	Jornal	2.00	37.28	74.56
i) Cosecha	Jornal	14.00	37.28	521.92
j) Acarreo y ensacado	Jornal	7.00	37.28	260.96
k) Séptimos días				207.70

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 1/				1,237.84
a) Arado	Hora	1.30	45.57	59.24
b) Rastra	Hora	1.20	56.78	68.14
c) Aspersadora manual	Hr. Bomba	6.00	1.39	8.36
d) Aspersadora mecánica	Hr. Bomba	7.00	8.88	62.15
e) Cosechadora	Hora	1.50	49.90	74.85
f) Aspersadora (halada)	Hora	2.00	53.89	107.78
g) Tractor	Hora	6.00	77.50	465.02
h) Camión	Hora	5.00	78.46	392.30
CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4. INSUMOS				1,006.92
a) Semilla	Libra	100.00	3.00	300.00
b) Combustibles y lubricantes	Galón	11.00	15.45	169.95
c) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	1.00	92.67	92.67
-Completo	Quintal	0.75	106.68	80.01
d) Insecticidas de contacto	Litro	1.20	33.00	39.60
e) Fungicidas sistémicos	Libra	1.50	56.74	85.11
f) Herbicidas sistémicos	Litro	1.20	50.30	60.36
g) Inoculante	Litro	1.00	179.22	179.22

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
5. INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS				25.00
a) Aperos agrícolas	Unidad	1.00	25.00	25.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>555.54</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				42.81
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				99.70
3. Financieros (17 % s/C.D. 6 M.)				363.92
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				42.81
5. Impuesto municipal (Q.0.15/quintal)				6.30
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>4,836.92</b>
(Para una producción de 42 quintales)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>115.16</b>
1/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.				



<b>AGUACATE (Persea americana) ( TABLA # XXIX )</b>				
<b>COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA, TEMPORADA 2003/2004</b>				
<b>CULTIVO SEMITECNIFICADO</b>				
<b>-En quetzales-</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>MEDIDA</b>		<b>UNITARIO</b>	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>5,942.11</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				300.00
2. COSTO DE ESTABLECIMIENTO 1/				152.85
3. MANO DE OBRA				3,749.30
a) Limpias y plateos	Jornal	44.00	37.28	1,640.32
b) Fertilización	Jornal	6.00	37.28	223.68
c) Control fitosanitario	Jornal	5.00	37.28	186.40
d) Podas	Jornal	3.00	37.28	111.84
e) Encalado	Jornal	2.00	37.28	74.56
f) Cosecha	Jornal	28.00	37.28	1,043.84
g) Séptimos días				468.66
4. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 2/				548.17
a) Aspersadora mecánica	Hr. Bomba	20.00	8.88	177.66
b) Carretón	Hora	3.00	18.89	56.68
c) Camión	Hora	4.00	78.46	313.82

CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
5. INSUMOS				1,166.79
a) Combustibles	Galón	4.00	15.45	61.80
b) Lubricantes	Litro	1.00	19.00	19.00
c) Fertilizantes completos	Quintal	6.00	106.68	640.05
d) Insecticidas				
-Contacto	Libra	4.00	5.12	20.48
-Sistémicos	Litro	1.50	90.99	136.49
e) Fungicidas sistémicos	Libra	4.00	18.64	74.55
f) Adherente	Litro	1.00	25.43	25.43
g) Materia orgánica	Quintal	6.00	31.50	189.00
6. INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS				25.00
a) Aperos agrícolas	Unidad	1.00	25.00	25.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>1,353.96</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				59.42
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				224.96
3. Financieros (17 % s/C.D. 12 M.)				1,010.16
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				59.42
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>7,296.07</b>
(Para una producción de 140 quintales)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>52.11</b>
1/ Se estima que la plantación tiene una vida útil de 15 años, por lo que cada año se carga 1/15 de ese costo.				
2/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.				

<b>ARROZ (Oriza sativa) ( TABLA # XXX)</b>				
<b>COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA, TEMPORADA 2003/2004</b>				
<b>CULTIVO TECNIFICADO</b>				
<b>-En quetzales-</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>MEDIDA</b>		<b>UNITARIO</b>	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>4,084.17</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				500.00
2. MANO DE OBRA				979.93
a) Preparación de la tierra	Jornal	3.00	37.28	111.84
b) Siembra	Jornal	2.00	37.28	74.56
c) Limpias	Jornal	4.00	37.28	149.12
d) Fertilización	Jornal	2.00	37.28	74.56
e) Control fitosanitario	Jornal	8.00	37.28	298.24
f) Cosecha	Jornal	4.00	37.28	149.12
g) Séptimos días				122.49
3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO				
1/				1,068.97
a) Arado	Hora	1.60	45.57	72.92
b) Rastra	Hora	1.60	56.78	90.85
c) Sembradora-fertilizadora	Hora	1.50	68.44	102.67
d) Aspersora mecánica (halada)	Hr. Bomba	2.50	53.89	134.72
e) Tractor	Hora	7.20	77.50	558.03
f) Cosechadora	Hora	2.20	49.90	109.78

CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
4. INSUMOS				1,535.27
a) Semilla	Libra	100.00	2.95	295.00
b) Combustibles	Galón	9.50	15.45	146.78
c) Lubricantes	Litro	1.00	19.00	19.00
d) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	3.00	92.67	278.01
-Completo	Quintal	3.75	106.68	400.03
e) Insecticidas				
-Sistémicos	Litro	2.30	33.00	75.90
-Foliales	Litro	1.40	65.00	91.00
f) Fungicidas				
-Sistémicos	Libra	2.50	18.64	46.59
-Foliales	Libra	1.50	38.39	57.58
g) Herbicidas sistémicos	Litro	1.50	50.30	75.45
h) Envase	Sacos	8.00	6.24	49.93
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>496.62</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				40.84
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				58.80
3. Financieros (17 % s/C.D. 6 M.)				347.15
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				40.84
5. Impuesto municipal (Q.0.15/quintal)				9.00
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>4,580.79</b>
(Para una producción de 60 quintales en granza)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>76.35</b>
1/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.				

## COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL HIGÜERILLO

( ACTUALMENTE EN GUATEMALA NO SE PRODUCE )

**TABLA # XXXI**

<b>HIGÜERILLO (Ricinus comunis)</b>				
<b>COSTO ACTUAL ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA</b>				
<b>CULTIVO TRADICIONAL</b>				
<b>-En quetzales-</b>				
CONCEPTO	UNIDAD DE	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	MEDIDA		UNITARIO	
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>3,763.00</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				350.00
2. MANO DE OBRA				2,513.74
a) Preparación de la tierra	Jornal	16.00	37.28	596.48
b) Siembra	Jornal	4.00	37.28	149.12
c) Limpias	Jornal	16.00	37.28	596.48
d) Control fitosanitario	Jornal	4.00	37.28	149.12
e) Fertilización	Jornal	3.00	37.28	111.84
f) Cosecha	Jornal	16.00	37.28	596.48
g) Séptimos días				314.22

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 1/				288.65
a) Aspersadora mecánica	Hr. Bomba	6.00	8.88	53.27
b) Camión	Hora	3.00	78.46	235.38
4. INSUMOS				585.61
a) Semilla	Libra	16.00	7.50	120.00
b) Combustibles y lubricantes	Galón	5.00	15.45	77.25
c) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	1.00	92.67	92.67
-Completo	Quintal	2.00	106.68	213.35
d) Insecticidas sistémicos	Libra	5.00	5.12	25.60
e) Fungicidas sistémicos	Libra	1.00	56.74	56.74
5. INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS				25.00
a) Aperos agrícolas	Unidad	1.00	25.00	25.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>550.95</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				37.63
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				150.82
3. Financieros (17 % s/C.D. 6 M.)				319.86
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				37.63
5. Impuesto municipal (Q.0.25/quintal)				5.00

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
<b>III. COSTO TOTAL POR MANZANA</b>				<b>4,313.95</b>
(Para una producción de 20 quintales)				
<b>IV. COSTO UNITARIO</b>				<b>215.70</b>
1/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.				

**TABLA # XXXII**

<b>Ascending order</b>				
<b>Crop</b>	<b>kg oil/ha</b>	<b>litres oil/ha</b>	<b>lbs oil/acre</b>	<b>US gal/acre</b>
corn (maize)	145	172	129	18
cashew nut	148	176	132	19
oats	183	217	163	23
lupine	195	232	175	25
kenaf	230	273	205	29
calendula	256	305	229	33
cotton	273	325	244	35
hemp	305	363	272	39
soybean	375	446	335	48
coffee	386	459	345	49
linseed (flax)	402	478	359	51
hazelnuts	405	482	362	51
euphorbia	440	524	393	56
pumpkin seed	449	534	401	57
coriander	450	536	402	57
mustard seed	481	572	430	61
camelina	490	583	438	62
sesame	585	696	522	74
safflower	655	779	585	83
rice	696	828	622	88
tung oil tree	790	940	705	100
sunflowers	800	952	714	102
cocoa (cacao)	863	1026	771	110
peanuts	890	1059	795	113
opium poppy	978	1163	873	124
rapeseed	1000	1190	893	127
olives	1019	1212	910	129
castor beans	1188	1413	1061	151
pecan nuts	1505	1791	1344	191
jojoba	1528	1818	1365	194
jatropha	1590	1892	1420	202
macadamia nuts	1887	2246	1685	240
brazil nuts	2010	2392	1795	255
avocado	2217	2638	1980	282
coconut	2260	2689	2018	287
oil palm	5000	5950	4465	635



**TABLA # XXXIII**

<b>Oils and esters characteristics</b>					
<b>Oils and esters characteristics</b>					
<b>Type of Oil</b>	<b>Melting Range deg C</b>			<b>Iodine number</b>	<b>Cetane number</b>
	<b>Oil / Fat</b>	<b>Methyl Ester</b>	<b>Ethyl Ester</b>		
Rapeseed oil, h. eruc.	5	0	-2	97 to 105	55
Rapeseed oil, i. eruc.	-5	-10	-12	110 to 115	58
Sunflower oil	-18	-10	-14	125 to 135	52
Olive oil	-12	-10	-8	77 to 94	60
Soybean oil	-12	-10	-12	125 to 140	53
Cotton seed oil	0	-10	-8	100 to 115	55
Corn oil	-5	-10	-12	115 to 124	53
Coconut oil	20 to 24	-10	-6	8 to 10	70
Palm kernel oil	20 to 26	-10	-8	12 to 18	70
Palm oil	30 to 38	-10	10	44 to 58	65
Palm oleine	20 to 25	-10	3	85 to 95	65
Palm stearine	35 to 40	-10	18	20 to 45	85
Tallow	35 to 40	-10	12	50 to 60	75
Lard	32 to 36	-10	10	60 to 70	65

**Figura # 36**



***PLANTA DE PRODUCCIÓN  
INTEGRADA DE BIODIESEL  
ALCALÁ DE HENARES (MADRID)***

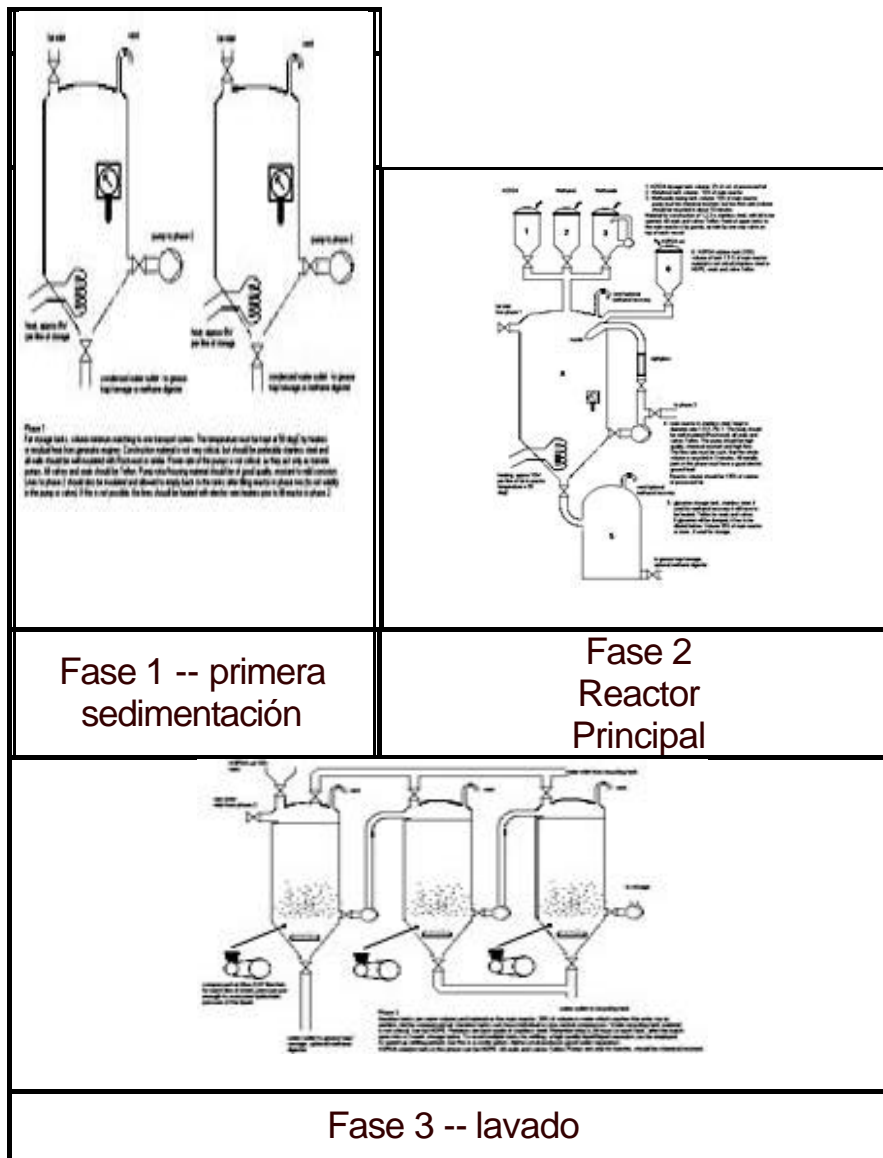




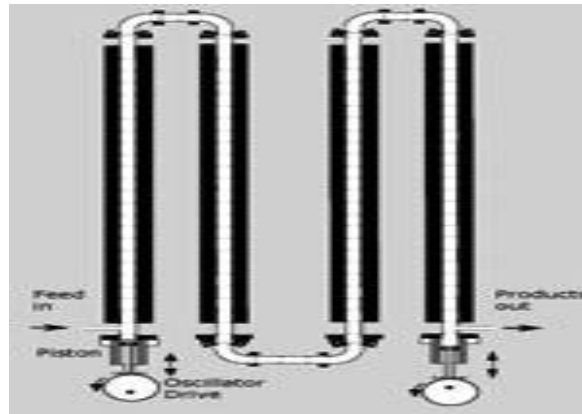
## 22 - OTROS TIPOS DE REACTORES PARA PRODUCIR BIODIESEL

A continuación se presentan otros tipos de reactores, útiles para producir Biodiesel.

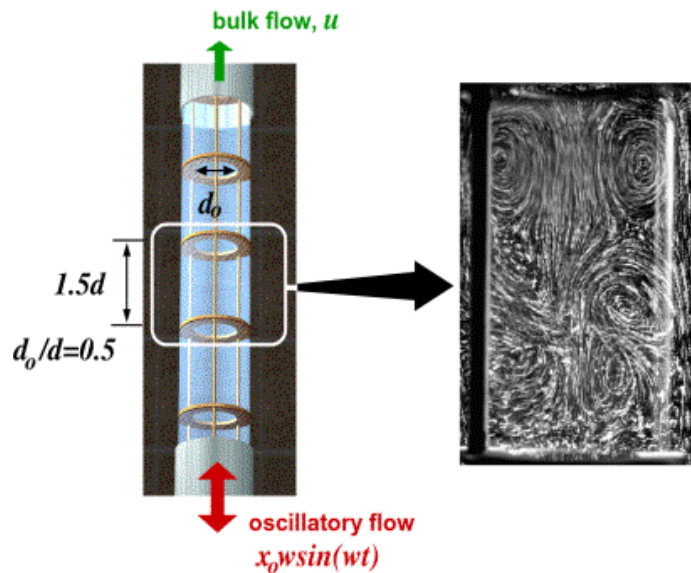
**Figura # 37 ESQUEMA DE UN REACTOR  
ÁCIDO – BASE**



**Figura # 38 REACTOR TUBULAR CONTINUO  
Para una mezcla con Flujo Oscilatorio**



**Figura # 39 ASPECTOS FÍSICOS QUE SE DÁN  
EN UN REACTOR TUBULAR OSCILATORIO CONTINUO**



Número neto de Reynolds del Flujo y el Cociente de velocidad

$$Re_n = \frac{\rho v d}{\mu} \quad Re_o = \frac{\rho 2\pi f x_o D}{\mu} \quad \psi = \frac{Re_o}{Re_n}$$

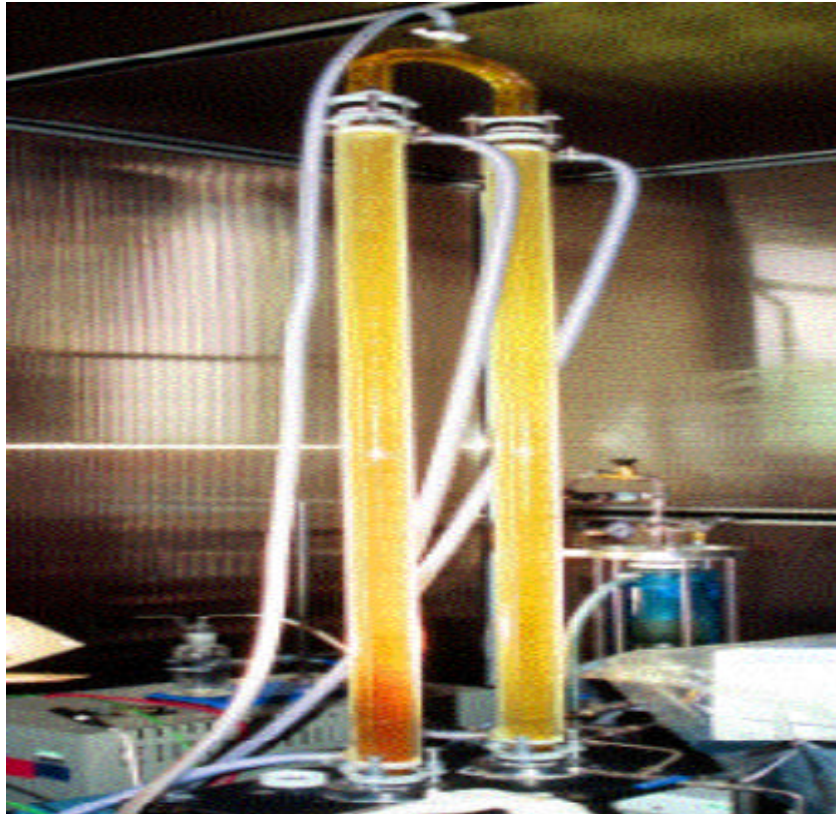
**Figura # 40 REACTOR TUBULAR OSCILATORIO  
CONTINUO A ESCALA DE LABORATORIO**



**CONDICIONES APROXIMADAS  
DE LA REACCIÓN  
DENTRO DEL REACTOR**

- 1) Temperatura : 60 – 70 °C
- 2) Tiempo de residencia: 15 – 30 minutos
- 3) Cociente de velocidad: 8
- 4) Número de Reynolds del flujo oscilatorio: 500

**Figura # 41 PROCESO DE LA REACCIÓN  
A LO LARGO DEL REACTOR  
OSCILATORIO TUBULAR**



**Figura # 42 REACTOR SIN CONTACTO**

