

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

*Estudio de factibilidad para la elaboración de biodiesel a partir de aceite de palma africana en Ecuador.*

**Carlos Alberto Sánchez Garcés**

**Proyecto de grado presentado como requisito para la obtención  
del título de Ingeniero en Agroempresas**

**Quito**

**Noviembre de 2007**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de agricultura alimentos y nutrición**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

*Estudio de factibilidad para la elaboración de biodiesel a partir de aceite de palma africana en Ecuador.*

**Carlos Alberto Sánchez Garcés**

**Raúl De la Torre, Ph.D.**  
**Director de la tesis**

**Carlos Ruales, Ing.**  
**Miembro del comité de tesis**

.....

**Mario Caviedes, Dr.**  
**Miembro del comité de tesis**

.....

**Eduardo Uzcátegui, Ph.D.**  
**Coordinador AGR.**

.....

**Michael Koziol, Ph.D.**  
**Decano del colegio de agricultura,  
alimentos y nutrición**

.....

Noviembre de 2007

© **Derechos de autor**  
**Carlos Alberto Sanchez Garcés**

**2007**

**Resumen:**

El presente proyecto constituye un aporte a la investigación y generación de biocombustibles en el Ecuador. La tendencia actual del mundo está en la obtención de fuentes de energía renovables y por esto se presenta este proyecto como una opción para el cambio y para el bien de toda la sociedad. La elaboración de un proyecto nuevo y futurista que tiene bases reales y además que se lo puede realizar en Ecuador y con personal de trabajo ecuatoriano, es sin duda alguna un atractivo para una inversión. El producto final de este proyecto (biodiesel) tendrá un solo destino, la exportación. Basado en los precios de los bienes sustitutos a nivel nacional e internacional está claro que no podrá ser un competidor en el mercado ecuatoriano gracias al alto subsidio que presentan los combustibles tradicionales.

Para la generación o producción del biodiesel básicamente se necesita de una reacción química llamada transesterificación, en la cual se mezclan grasas o aceites con alcohol metílico en ambiente básico. El catalizador a emplear es el hidróxido de sodio. En este proyecto se plantea todo el procedimiento para la elaboración del biodiesel, partiendo de materias primas que son el aceite crudo de palma, el metanol y el hidróxido de sodio. A breves rasgos el proceso dentro de la planta industrial para la obtención del biodiesel sería el siguiente: el aceite crudo es almacenado en tanques de procesamiento, éste es transesterificado con un catalizador (hidróxido de sodio) y un componente adicional de metanol mediante un mezclador o reactor. Después de la transesterificación, el exceso de metanol es separado por evaporación. La mezcla de metiléster-glicerol se separa del glicerol crudo en un separador y finalmente se procede a la limpieza del metiléster (biodiesel) generado. (4)

Como se verá en el análisis financiero el proyecto presenta una tasa interna de retorno del 44% a pesar de que los insumos tienen costos elevados. El costo de producción del proyecto por galón de biodiesel es de \$2,87 y el precio de venta del producto es de \$3,50 el cual se fijó en referencia a un comparativo con el precio de venta actual en Europa y Estados Unidos. Como se aprecia el precio final del biodiesel es alto comparado con el del diesel subsidiado del Ecuador, por esto no se trazo la meta de comercializarlo en Ecuador.

**Abstract:**

This project is a contribution to the research and generation of biofuels in Ecuador. The trend in today's world is obtaining renewable energy sources and that's why this project is presented as an option for change and for the good of all society. The development of a new project which has real bases and good future and additional it can be done in Ecuador with Ecuadorian staff is certainly an attractive for investments. The final product of this project (biodiesel) will have a single destination, the export. Based on the prices of traditional combustibles nationally and internationally is clear that it may not be a competitor in the market thanks to the Ecuadorian high subsidy for traditional fuels.

For the generation or production of biodiesel basically requires a chemical reaction called transesterification, in which fats or oils are mixed with methyl alcohol in a basic environment. The catalyst used is the sodium hydroxide. This project raises the whole procedure for the development of biodiesel, starting from raw materials that are crude palm oil, methanol and sodium hydroxide. A brief overview of the process within the plant for obtaining biodiesel would be as follows: crude oil is stored in tanks, it enters to the transesterification with a catalyst (sodium hydroxide) and an additional component of methanol, all mixed in a reactor. After the transesterification, excess methanol is separated by evaporation. The mixture of methyl-glycerol is separated from crude glycerol in a separator and then proceeds finally to the cleaning of biodiesel. (4)

As will be seen in financial analysis, the project's internal rate of return is 44% despite the fact that input costs are high. The production cost of the project per gallon of biodiesel is \$ 2.87 and the selling price of the product is \$ 3.50 which is fixed with reference to a comparison with the current selling price in Europe and the United States. As shown the final price of biodiesel is high compared to diesel subsidy of Ecuador, that's why not the goal of commercialization in Ecuador is.

**Tabla de contenido:**

© Derechos de autor .....	III
Resumen: .....	IV
Abstract: .....	V
Tabla de contenido: .....	VI
Lista de tablas: .....	VIII
Lista de fotografías: .....	XI
Antecedentes:.....	1
Justificación: .....	4
Objetivos: .....	18
Objetivo general. ....	18
Objetivos específicos.....	18
Estudio de mercado: .....	19
Oferta. ....	19
Demanda:.....	28
Comercialización: .....	35
Precio:.....	41
Análisis FODA .....	45
Estudio técnico: .....	47
Proceso químico .....	47
Proceso industrial .....	50
Descripción de la planta y maquinaria .....	52
Tamaño del proyecto .....	60

Normas de seguridad: .....	62
Análisis financiero: .....	63
Inversión inicial.....	63
Costos.....	66
Ingresos.....	70
Flujo de caja: .....	73
Indicadores financieros del proyecto:.....	75
Conclusiones: .....	76
Recomendaciones: .....	78
Bibliografía:.....	79
Anexo: .....	81

**Lista de tablas:**

Tabla 1: Características del aceite de palma.....	6
Tabla 2: Producción mundial de aceite de palma, 2005 .....	8
Tabla 3: Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de palma en Ecuador .....	10
Tabla 4: Comparativo de emisiones de gases del biodiesel frente al combustible normal. ....	15
Tabla 5: Diferencia entre el contenido de energía del biodiesel y del diesel. ....	17
Tabla 6: Países de Europa productores de biodiesel.....	20
Tabla 7: Producción y estimaciones del biodiesel a nivel mundial. ....	24
Tabla 8: Exportación ecuatoriana de aceite de palma. ....	26
Tabla 9: Estándares de biodiesel según la normativa DIN 51606.....	37
Tabla 10: Precio de venta al público del biodiesel puro y la mezcla B20.....	43
Tabla 11: Incidencia de la materia prima en el costo de producción y precio de venta. ....	44
Tabla 12: Descripción de reactor BK12000 y sus componentes.....	56
Tabla 13: Dimensiones de la maquinaria. ....	57
Tabla 14: Insumos necesarios para la producción.....	59
Tabla 15: Inversión inicial para el proyecto en Ecuador.....	63
Tabla 16: Depreciación de maquinaria e infraestructura.....	64
Tabla 17: Amortización gradual de la deuda.....	65
Tabla 18: Cantidades insumos año 1.....	66
Tabla 19: Cantidades insumo año 2.....	66
Tabla 20: Cantidades insumo año 3.....	66
Tabla 21: Cantidades insumo año 4.....	67
Tabla 22: Costos totales del proyecto.....	67



Tabla 23: Costos fijos del proyecto .....	68
Tabla 24: Gastos administrativos .....	69
Tabla 25: Ingreso anual a cuatro años según la producción.....	70
Tabla 26: Flujo de caja para cuatro años. ....	73

**Lista de gráficos:**

Gráfico 1: Contenido de ácidos grasos en el aceite de palma versus otros aceites. ....	7
Gráfico 2: Ciclo de producción de biodiesel .....	13
Gráfico 3: Porcentaje de emanaciones de cada tipo de gas en el biodiesel. ....	14
Gráfico 4: Producción de biodiesel en los EEUU .....	21
Gráfico 5: Producción mundial de biodiesel y su respectiva tendencia de crecimiento.....	22
Gráfico 6: Principales productores de biodiesel, millones de litros. ....	23
Gráfico 7: Producción de biodiesel en la UE, EEUU y el resto del mundo. ....	24
Gráfico 8: Proyección del crecimiento de la demanda de combustibles tradicionales.....	28
Gráfico 9: Proceso de difusión y ciclo de introducción del biodiesel en un nuevo mercado. ....	29
Gráfico 10: Reacción para la elaboración de biodiesel .....	47
Gráfico 11: Elaboración de biodiesel, proceso de entrada y salida. ....	48
Gráfico 12: Secuencia de pasos del proceso.....	51
Gráfico 13: Condiciones de temperatura y presión en la planta piloto de biodiesel. ....	53
Gráfico 14: Ingreso en dólares por año. ....	70
Gráfico 15: Galones producidos anuales. ....	71
Gráfico 16: Flujo de caja anual. ....	74

**Lista de fotografías:**

Fotografía 1: Reactor, tanque de premezcla y bomba. ....	57
Fotografía 2: Tanque de lavada y decantación. ....	58
Fotografía 3: Equipo de seguridad para empleados. ....	62

**Antecedentes:**

En general si se habla de los biocombustibles, estos son alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos producidos a partir de biomasa, como las plantas herbáceas, leñosas y aceites vegetales, residuos de la agricultura y actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.

Entre los biocombustibles se puede incluir al bioetanol, biodiesel y biometanol. Los dos productos más desarrollados y empleados de esta clase de combustibles son, el bioetanol y el biodiesel (22).

El uso por primera vez de aceites vegetales como combustibles se remonta al año de 1900, cuando Rudolph Diesel los utilizó en su motor de ignición-compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles.

Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil sobre diesel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970 que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que sucedía en el momento por el elevado costo del petróleo. Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero en el año 1985 en Silberberg (Austria) se construyó la primera planta piloto productora de RME (Rapeseed Methyl Ester – ester metílico de aceite de semilla de colza) (2).

Hoy en día países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles. El biodiesel es un combustible líquido que se obtiene a partir de materias primas renovables, como aceites y grasas vegetales y/o aceites de fritura usados, y es similar al gasóleo de origen fósil

(petróleo). Los aceites vegetales que se utilizan suelen ser de soya, colza, palma y girasol. Aunque estas especies son las materias primas más utilizadas en su producción, el biodiesel se puede obtener a partir de más de 300 especies vegetales, dependiendo de cual sea la que más abunde en el país de origen. El hecho de que también se lo pueda obtener a partir de la transformación del aceite vegetal ha cobrado fuerza ante la necesidad de reciclar los aceites usados de la cocina, especialmente procedentes de bares, restaurantes y asadores. El término biodiesel se refiere, en general, a los ésteres metílicos obtenidos a partir de estos aceites mediante un proceso llamado transesterificación metílica (1).

La síntesis de biodiesel puede ser efectuada a partir de tres metodologías. La primera opción es la transesterificación del aceite empleando una base como catalizador. Esta metodología es ampliamente usada debido a que tiene un alto porcentaje de rendimiento y representa un proceso de conversión directa. El segundo proceso es la transesterificación del aceite empleando un ácido como catalizador. La tercera opción es la conversión de los ácidos grasos del aceite en ésteres y posteriormente en biodiesel lo cual posee la ventaja de evitar la formación de jabón en la reacción. Sin embargo esta opción presenta la desventaja de requerir mayor tiempo de proceso, debido a que involucra un proceso de esterificación seguido de un proceso de transesterificación. Se lo obtiene gracias a la reacción química del aceite cuando se lo mezcla con alcohol (metanol o etanol) y catalizador (hidróxido de sodio). Entre sus probadas características técnicas, supera al combustible fósil porque es renovable, ecológico y reduce 20 veces las emisiones de monóxido de carbono y se biodegrada en un 98% durante tres semanas (4, 23).

El biodiesel funciona en cualquier motor diesel. Estos ésteres grasos pueden mezclarse o no con diesel petrolífero. Al contenido 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 esterres grasos y un 70 % de diesel petrolífero (3).

Para producir el biodiesel, el aceite se extrae de la semilla cultivada, dejando atrás harina de semilla que puede usarse como suplemento alimenticio animal. El aceite dependiendo de sus características químicas y físicas entra en un proceso de refinado o si no directamente es sometido a la transesterificación, lo que produce glicerina como un derivado. En el caso particular del aceite rojo o crudo de palma (que es la base de este proyecto) necesita un proceso previo de precalentamiento. El biodiesel puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diesel regular para su uso en motores de ignición a compresión (2).

Tipos de biodiesel: (2)

Según el tipo de materia prima usada, existen los siguientes tipos de biodiesel (términos identificativos en inglés)

- RME... Rape Methyl Ester (Ester Metílico de aceite de colza)
- SME... Soya/sunflower Methyl Ester (Ester Metílico de aceite de soya o girasol)
- PME... Palm Methyl Ester (Ester Metílico de aceite de palma)
- FAME... Fatty Acid Methyl Ester (Ester Metílico de ácidos grasos = Otros tipos de aceites y/o grasas vegetales y/o animales y/o sus mezclas).

**Justificación:**

El calentamiento de la atmósfera es el principal desafío medioambiental que hoy afronta la humanidad a nivel mundial. Ninguna población es ajena al problema y a sus consecuencias. Los dos gases responsables del fenómeno llamado "Efecto Invernadero" son el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>). En el caso del dióxido de carbono, ello ocurre debido mayormente al uso de combustibles fósiles (petróleo y carbón) como fuente de energía. Lo ideal sería que se pudieran utilizar combustibles alternativos capaces de reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera.

Una de las alternativas para la solución del problema es el llamado "Biodiesel". Al sustituirse (en forma parcial o total) los combustibles actuales (naftas, gasolinas, fuel oil y diesel) por éste puede lograrse un balance de emisiones mucho más favorable.

El balance energético, con las nuevas tecnologías, es positivo. También lo es el balance ambiental. En el plano económico, todavía no compite con los derivados del petróleo, pero muchos países están implementando políticas ambientales que permiten compensar estas diferencias de costos. En función de la situación descrita y los mayores requerimientos determinados por la necesidad de lograr un desarrollo sustentable y menos contaminante del medio ambiente, la comunidad internacional comenzó a desarrollar fuentes de energía alternativas, las cuales no son nuevas sino que ante las ventajas del petróleo y su menor precio relativo habían sido desplazadas. En este contexto, hoy el mundo por diferentes circunstancias, marcha hacia la obtención de energía hidráulica, eólica, solar, química, y derivados de la biomasa. Todas ellas tuvieron algún desarrollo y utilización en el pasado y luego fueron desplazadas para surgir, ahora, con un renovado esplendor (3).

El uso de biodiesel en automotores está totalmente extendido en Europa desde los últimos 12 años. En países como Alemania y Austria hay más de 1.000 gasolineras que incorporan un surtidor de biodiesel (ya sea 100% o mediante una mezcla del 2% al 30% de Biodiesel y el resto de combustible tradicional).

La razón de realizar una mezcla con diesel o combustible convencional, radica en que los aceites vegetales tienen, entre otras cosas, la particularidad de disolver la goma y el caucho. Debido a que estos aceites vegetales son la materia prima para la fabricación del biodiesel, dicho producto también disuelve la goma y el caucho, materiales empleados en la fabricación de los conductos y la juntas del sistema de alimentación de los vehículos por lo que con el uso prolongado de biodiesel 100%, se podrían llegar a degradar dichos conductos, produciendo algún poro o pérdida de combustible (El biodiesel es biodegradable en un 98,3% en 21 días) (3).

Desde mediados de los años 90, casi todos los fabricantes de vehículos (principalmente marcas alemanas), ya han substituido dichos conductos por conductos fabricados con materiales plásticos o derivados, con lo que el biodiesel no los disuelve.

La mezcla (10% biodiesel + 90% gasóleo) es empleada para que cualquier vehículo lo pueda utilizar sin ningún tipo de problema.

Otros productores de la Unión Europea, debido a su política comercial, venden toda su producción a una empresa petrolera, la cual opta por la mezcla del biodiesel en un 5% máximo en todos sus gasóleos. De esta forma se considera al biocombustible como un aditivo porque no altera las características técnicas del gasóleo mineral. Si se incorpora más de un 5%, la mezcla final no cumple la norma internacional, por lo que tendrían que informar y “etiquetar” dicho producto con un nombre diferente al de “Gasolina ó Diesel” (3).



La utilización del aceite de palma para la generación de biodiesel responde a muchos beneficios que presenta este cultivo. Las primeras plantaciones de palma africana en el Ecuador se remontan al año 1953 en Santo Domingo de los Colorados y en Quinindé, provincia de Esmeraldas, sitios en los que se inician los cultivos a pequeña escala. El crecimiento del sector palmicultor se da desde el año 1967, época en la cual ya se habían sembrado alrededor de 1,000 hectáreas.

La tendencia fluctuante del mercado de la palma africana ha exigido la búsqueda de innovadoras y competitivas alternativas. El aceite de palma africana es potencialmente el producto más apto para la elaboración de biodiesel a escala industrial. Lo anterior debido a que la palma africana es naturalmente la planta que mayor cantidad de aceite genera, con un estimado de 5,000 kilogramos de aceite por hectárea al año.

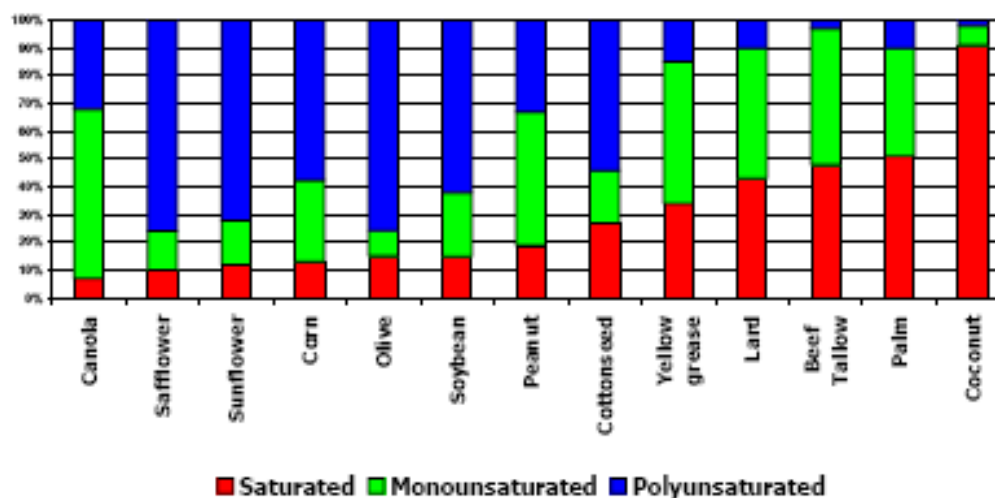
Tabla 1: Características del aceite de palma

<b>ACEITE</b>	<b>PALMA refinado</b>
Índice de iodo	53
Densidad a 25°C	0.899
Aspecto	semisólido
Índice de refracción a 25°C.	(40°) 1.454
Índice de saponificación	200
Ácidos grasos saturados %	51
Ácidos grasos no saturados %	49
Ácidos grasos libres %	> 5
Materia insaponificable	< 0.8

Fuente: Internacional Red CYTED IV.E 2007

El aceite de palma contiene una combinación de ácidos grasos: saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Debido al alto porcentaje de ácidos grasos saturados presentes en el aceite crudo de palma, éste es el menos aconsejable para la obtención de biodiesel, con respecto a otros aceites naturales (esto se puede apreciar en el gráfico #1). Sin embargo, la consideración del aceite crudo de palma africana para síntesis de biodiesel, representa una ventaja en términos económicos y energéticos, al evitar el proceso de refinación del aceite. El aspecto mas importante por el que se considera al aceite de palma para la elaboración de biodiesel es sus grandes extensiones cultivadas y la gran tecnología e industria asociada a la refinación del mismo (23).

Gráfico 1: Contenido de ácidos grasos en el aceite de palma versus otros aceites.



Fuente: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org) 2007

El cultivo de palma africana mueve interesantes inversiones, genera importantes puestos de trabajo e impulsa el desarrollo agropecuario del país, no sólo desde el punto de vista del cultivo sino por la serie de negocios subyacentes que se generan. Como se verá más adelante,

el cultivo de la palma africana en el Ecuador ha experimentado un altísimo incremento en producción, lo que brinda una gran oportunidad para este proyecto ya que se satisfacen las necesidades de materia prima con mucha facilidad. Adicionalmente, en algunos países productores de palma, los gobiernos han venido apoyando al cultivo con miras en la producción del biocombustible, lo cual genera una inversión muy tentadora por su futura demanda en grandes cantidades.

Tabla 2: Producción mundial de aceite de palma, 2005

País	2005	
	Valor	Part. %
Malasia	14.962	44,9%
Indonesia	13.600	40,8%
Nigeria	800	2,4%
Tailandia	685	2,1%
Colombia	662	2,0%
Papua Nueva Guinea	350	1,1%
Costa de Marfil	260	0,8%
Ecuador	298	0,9%
Costa Rica	195	0,6%
Honduras	178	0,5%
Brasil	160	0,5%
Guatemala	90	0,3%
Venezuela	66	0,2%
<b>Otros países</b>	<b>1.02</b>	<b>3,1%</b>
<b>Total</b>	<b>33.326</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: Malaysian Palm Oil Board. 2006

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA) en 1998, a nivel nacional, censó 2.125 palmiticultores diseminados en la costa, sierra y oriente, abarcando una superficie total sembrada aproximada de 124 mil hectáreas. La mayoría de productores (76%) explota en pequeñas fincas que no sobrepasan las 50 hectáreas; apenas 7 productores (0,33%) superan las 1.000 hectáreas. Para el año 2005 se censó un aproximado de 205 mil hectáreas cultivadas y 190 mil hectáreas cosechadas.

Las provincias con mayor producción de palma africana son Pichincha, Esmeraldas y Los Ríos; en menor escala se produce también en las provincias de Cotopaxi, Guayas, Imbabura, Manabí, Napo y Sucumbíos. Los cantones con las plantaciones más representativas son Quinindé, Santo Domingo de los Colorados y Buena Fé.

En el país existen 39 plantas extractoras de palma que producen aceite rojo (crudo), distribuidas principalmente en Santo Domingo de los Colorados, Quinindé y en la región oriental ecuatoriana.

El producto de este cultivo (la fruta de palma), a más de convertirse en aceite vegetal, sirve de materia prima para la producción de otros productos comestibles y no comestibles; algunas empresas aprovechan para obtener grasas especiales, diferentes tipos de jabones y cosméticos. Algunas extractoras aprovechan la semilla de la fruta conocida como palmiste, de la cual se obtiene aceite del mismo nombre. El aceite de palma proviene del mesocarpio (aceite rojo) del fruto, el mismo que consiste de una fracción líquida u oleína, que es la materia prima para la elaboración de aceite comestible vegetal, y de una fracción sólida o estearina, empleada para producir manteca y margarina. También se puede elaborar torta de palmiste que por su componente proteico es un importante ingrediente para preparar alimento balanceado para ganado bovino y equino.

Otras extractoras obtienen beneficios inclusive de los desperdicios de la fruta (raquis) y los utilizan como material orgánico para mejorar el suelo.

El país cuenta con 6 industrias de refinación que adquieren el aceite crudo y lo transforman principalmente en productos comestibles y a partir de año pasado han iniciado el proyecto para exportación de biodiesel a EEUU y Europa (6).

Tabla 3: Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de palma en Ecuador

	SUPERFICIE ( ha )			PRODUCCIÓN FRUTA DE PALMA (TM)	RENDIMIENTO (TM/ha)
	SEMBRADA	ACUMULADA	COSECHADA		
<b>1995</b>	6,961.62	72,210.03	51,996.73	185,205.71	3.56
<b>1996</b>	12,230.38	84,440.41	56,957.34	180,336.55	3.17
<b>1997</b>	12,413.39	96,853.80	65,248.41	203,308.26	3.12
<b>1998</b>	15,871.43	112,725.23	72,210.03	992,474.19	13.74
<b>1999</b>	16,135.16	128,860.39	84,440.41	1,336,232.48	15.82
<b>2000</b>	24,763.00	153,623.39	96,853.80	1,110,975.38	11.47
<b>2001</b>	22,570.03	176,193.42	112,725.23	1,026,982.29	9.11
<b>2002</b>	13,944.45	190,137.87	128,860.39	1,190,631.68	9.24
<b>2003</b>	7,648.15	197,786.02	153,623.39	1,309,660.77	8.53
<b>2004</b>	4,728.54	202,514.56	176,193.42	1,395,760.14	7.92
<b>2005*</b>	4,770.75	207,285.31	190,137.87	1,596,690.78	8.40
<b>FUENTE: ANCUPA</b>					
<b>ELABORADO POR: DPDA/MAG</b>					
<b>* CENSO 2005 ANCUPA-SIGRO-MAG</b>					

Como se ve en la tabla 3, la tendencia de crecimiento en la producción de palma en el país durante los últimos años exhibe una curva exponencial, lo cual brinda grandes oportunidades para inversionistas en el área de generación de biocombustibles.

Los motores diesel de hoy requieren un combustible que sea limpio al quemarlo, además de permanecer estable bajo las distintas condiciones en las que opera. El biodiesel es el único combustible alternativo que puede usarse directamente en cualquier motor diesel, sin ser necesario ningún tipo de modificación. Como sus propiedades son similares a las del combustible diesel de petróleo, se pueden mezclar ambos en cualquier proporción, sin ningún tipo de problema.

Las bajas emisiones del biodiesel hacen que sea un combustible ideal para el uso en las áreas marinas, parques nacionales, bosques y sobre todo en las grandes ciudades. El biodiesel tiene muchas ventajas como combustible y las principales son: (2)

1. Es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor diesel convencional, sin ser necesaria ninguna modificación.
2. Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diesel de petróleo. La mezcla más común en Estados Unidos 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 quemados, y entre 75 y 90% de los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono en relación al 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 punto de ignición de aproximadamente 150° C comparado al diesel de petróleo cuyo punto de ignición 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 palma.

8. Es un combustible que ya ha sido probado satisfactoriamente en más de 15 millones de kilómetros en EE.UU. y por más 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 frituras naturales como papas fritas o canguil.

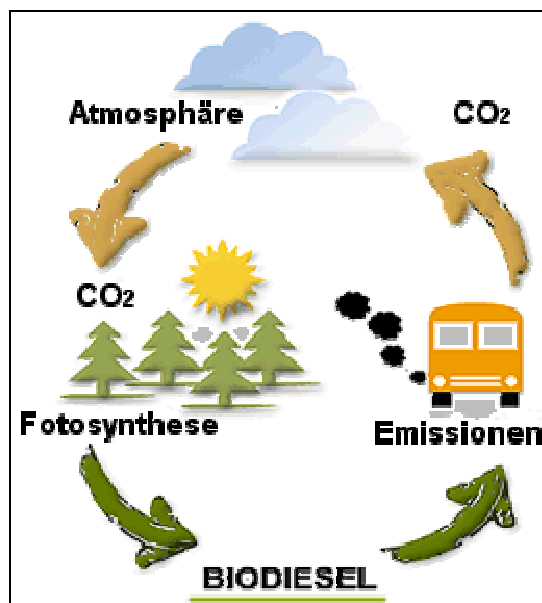
10. Se ha determinado en los EEUU que el biodiesel es la opción más económica de combustible alternativo que reúne todos los requisitos del Energy Policy Act, que dictaminan entre las principales normativas la seguridad y salud del usuario y del medio ambiente.

Las propiedades de mejora ambiental que implica el uso de este combustible en sustitución al de origen fósil, hacen recomendable la gestión de promover su elaboración y uso lo más

intensivo posible en la medida de su factibilidad económica, a pesar de que sus beneficios y contribución efectiva a la mejora del "efecto invernadero" justificarían la búsqueda de mecanismos de subvención para el sostenimiento de su uso (2).

Las naciones desarrolladas lograron prosperidad a costa de emitir indiscriminadamente emisiones a la atmósfera y ahora les toca asumir el liderazgo en el proceso de remediación. Con la firma del protocolo de Kioto, los países desarrollados dejaron asentada su responsabilidad hacia el cambio climático. El biodiesel se presenta como una manera de captar inversores, elevar la rentabilidad de los proyectos y, al mismo tiempo, colaborar en lograr un desarrollo limpio y sustentable en el tiempo (3).

Gráfico 2: Ciclo de producción de biodiesel

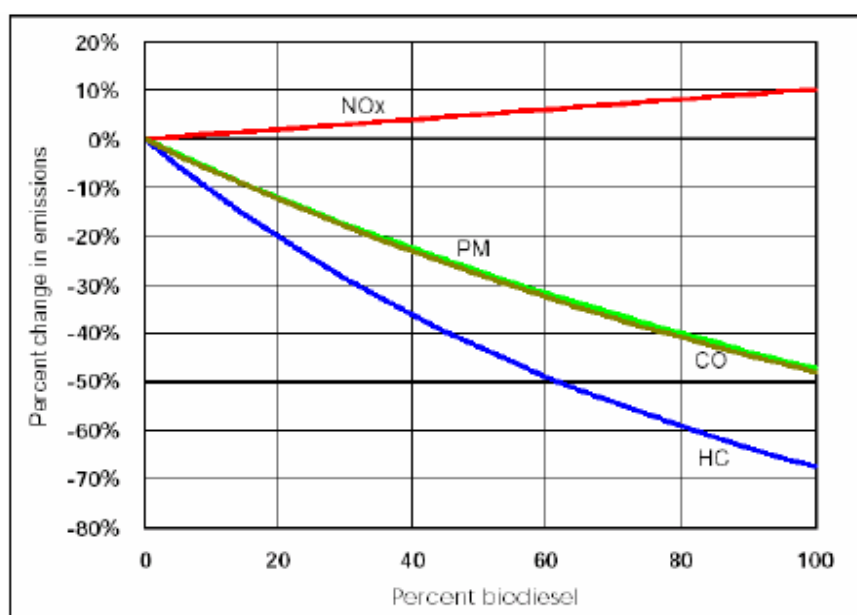


Fuente: Fuldaer Energiefibel (2006)



Como se ve en el gráfico 2, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) emitido a la atmósfera durante la combustión por cualquier tipo de motor es el mismo que captó la planta oleaginosa utilizada para extraer el aceite durante su etapa de crecimiento, con lo cual, la combustión de biodiesel no contribuye al efecto invernadero y ayuda a englobar un ciclo de producción, dando como resultado un excelente biocombustible, que ayuda a reducir la contaminación a nivel global en todos los pasos de sus cadena productiva.

Gráfico 3: Porcentaje de emanaciones de cada tipo de gas en el biodiesel.



Fuente: [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov) (2006)

El gráfico 3 muestra el porcentaje de emanaciones de cada tipo de gases generados por el biodiesel según la concentración en la que se encuentre. Se aprecia claramente que a mayor concentración de biodiesel (100%), los niveles de monóxido de carbono y los HC se reducen

significativamente. Por otro lado, el nivel NO<sub>x</sub> es el único que permanece casi constante a pesar de su aumento en la concentración de biodiesel; sin embargo, todos estos niveles son mucho menores que los generados por el diesel normal o diesel fósil.

Tabla 4: Comparativo de emisiones de gases del biodiesel frente al combustible normal.

<b>Emisión</b>	<b>Biodiesel al 100% (kg/100km)</b>	<b>Biodiesel al 30% (kg/100km)</b>	<b>Gasóleo (kg/100km)</b>
<b>CO</b>	0,37	0,43	0,46
<b>HC</b>	0,03	0,04	0,04
<b>NO<sub>x</sub></b>	2,73	3,37	3,64
<b>Partículas</b>	0,62	1,48	1,85
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,87	3,53	4,67
<b>SO<sub>2</sub></b>	0	1,14	1,62

Fuente: [www.eco2site.com](http://www.eco2site.com) (2007)

En la tabla 4 se puede apreciar la comparación entre el biodiesel en sus diferentes presentaciones (puro al 100% o en una mezcla al 30%) contra la producción de gases y partículas del combustible fósil común, todo esto basado en un recorrido del motor de 100 kilómetros. Como ya se ha venido analizando la emanaciones de los diferentes compuestos químicos son mucho menores que las presentadas por la gasolina o diesel de origen fósil.

Ventajas socio económicas por la producción del biodiesel:

El aprovechamiento energético del biodiesel contribuye a la diversificación energética, uno de los objetivos marcados por los planes energéticos, tanto a escala nacional como mundial. La implantación de cultivos energéticos en tierras abandonadas evita la erosión y degradación del suelo. La Política Agraria Comunitaria (PAC) de la Unión Europea permite la utilización de tierras en retirada para la producción de cultivos no alimentarios, como son los cultivos energéticos. El desarrollo de proyectos de inversión encaminados a la producción de biodiesel contribuye a la creación de puestos de trabajo en el medio rural (8).

Oportunidades de nuevos negocios relacionados con el biodiesel: (23)

- Nuevas plantas elaboradoras de aceite.
- Bonos de captura de carbono.
- Desarrollo y fortalecimiento de los mercados a término y de futuro de granos, aceites y harinas.
- Generación de un mercado similar para los combustibles de origen biológico.
- Aprovechamiento integral de los subproductos, ej.: glicerina, fertilizante potásico.
- Recuperación de los alcoholes que se hayan empleado en la transesterificación de los aceites.
- Factibilidad de obtener otros productos tales como lubricantes, solventes e insecticidas.

Desventajas o inconvenientes técnicos: (3)

- El problema básico de estos combustibles está dado por su ataque a los conductos de transporte del mismo, cuando ellos están desarrollados sobre la base de caucho, pero se

resuelve fácilmente reemplazando estos conductores, por elementos construidos con teflón.

- La emisión de óxidos nitrosos, no es tan elevada como el combustible normal, pero a pesar de esto, el problema está parcialmente resuelto por el agregado de aditivos.
- Los costos de la materia prima, principalmente el del aceite vegetal.
- Las propiedades de fluidez del combustible a bajas temperaturas; el biodiesel tiene un punto de congelación (equivalente al CFPP del Gasóleo) entre 0° y -5°.
- La estabilidad del producto durante su almacenamiento está afectada por su escasa estabilidad hidrolítica y oxidativa, comprometiéndose así sus cualidades técnicas durante los almacenamientos prolongados.

Tabla 5: Diferencia entre el contenido de energía del biodiesel y del diesel.

<b>Combustible</b>	<b>Contenido de energía</b>
Diesel convencional	129.500 btu/gal = 35.486 kj/l
Biodiesel animal	119.216 btu/gal = 32.668 kj/l
Biodiesel vegetal	115.720 btu/gal = 31.710 kj/l

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency 2007

Otra forma de comparar el diesel fósil y el biodiesel, es midiendo el poder energético de cada uno de estos combustibles en un motor diesel, según un estudio de la (EPA), hecho en el año 2002, como se puede ver en la Tabla 5. Al tener el contenido de energía de cada uno de los combustibles, mediante cálculos se logra establecer su rendimiento en millas (mpg) por galón para el mismo motor, posteriormente comprobado en pruebas de ruta. Utilizando una mezcla B20, el rendimiento en mpg disminuye entre 0.9 y 2.1 %, y utilizando una mezcla B100, el rendimiento en mpg disminuye entre 4.6 y 10.6 %

**Objetivos:****Objetivo general.**

Elaboración y exportación de biodiesel en el Ecuador.

**Objetivos específicos.**

- Realizar una investigación del mercado para estimar la demanda y la aceptación por el biodiesel a nivel nacional e internacional.
- Generar una estructura de procesos para la planta industrial de procesamiento de biodiesel.
- Determinar la viabilidad financiera, donde se incluyan los principales rubros que involucrarían el procesamiento del biodiesel a partir de la palma africana, en el Ecuador.

## **Estudio de mercado:**

### **Oferta.**

La oferta de biodiesel a nivel mundial ha tenido una curva creciente durante los últimos años, entre los principales productores y consumidores de biodiesel en el mundo se encuentran Alemania, Austria y otros países de Europa Central que utilizan biodiesel puro o en sus diferentes mezclas. Los franceses usan mezclas de biodiesel de baja proporción (5%). En Estados Unidos venden mezclas de biodiesel al 20%, mientras que en Japón y algunos países Asiáticos ya se ha presentado un interés en la producción y uso (13).

La producción mundial de aceite proviene en un 50% de aceite de palma, 25% de aceite de soya y 25% colza, algodón, maní, girasol y otros menores. Al ver que el 50% de la producción mundial de aceite del mundo es de palma, el proyecto para elaboración de biodiesel a partir de aceite de palma tiene un fuerte sustento (26).

Los biocombustibles en el mundo entero se encuentran en auge por varios aspectos como se lo ha venido analizando anteriormente; es importante destacar que el la producción de biocombustibles brinda una gran oportunidad en países menos desarrollados para que su agricultura logre resurgir y así ayudar a los sectores menos beneficiados, es así como la oferta por productos derivados de cultivos oleaginosos ha crecido en los últimos años y se espera que siga creciendo en el futuro.

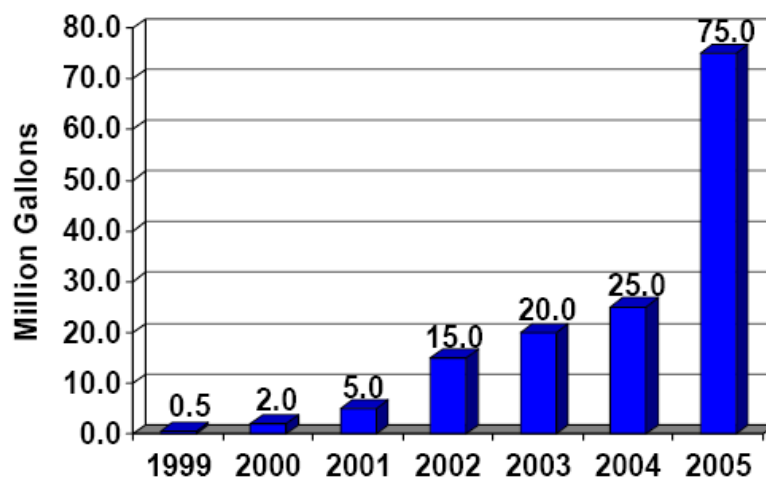
Tabla 6: Países de Europa productores de biodiesel

<b>País</b>	<b>Capacidad instalada (ton/año 2000)</b>	<b>Producción (ton/año 2000)</b>
Alemania	550	415
Francia	290	286
Italia	240	160
Bélgica	110	86
Checoslovaquia	47	32
Austria	20	20
Suecia	11	6
Inglaterra	2	2
<b>Total</b>	<b>1.270.000</b>	<b>1.005.000</b>

Fuente: SAGPyA, en base a “Biodiesel: El pasado del futuro” por Eugenio F. Corradini. Año 2002-2003

En la tabla 6 se aprecia la producción de biodiesel en países europeos, así como su capacidad instalada de producción, es decir el número de toneladas que estos países podrían llegar a producir. Con este cuadro se puede ver que la capacidad máxima de producción de estos países no ha llegado a su máximo y que en un futuro se podrá lograr una maximización.

Gráfico 4: Producción de biodiesel en los EEUU



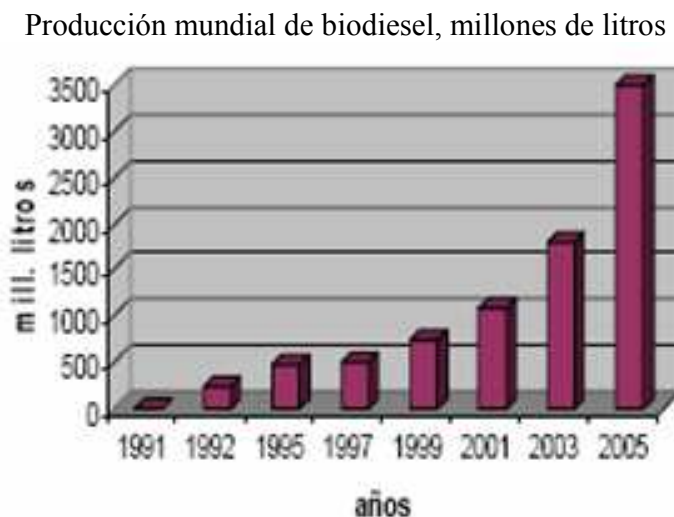
Fuente: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org) (2006)

En el gráfico 4 se muestra la producción de biodiesel en los Estados Unidos; se aprecia una tendencia creciente desde el año 1999 hasta el 2005. Cabe recalcar que el aumento no ha seguido una curva normal, sino que a partir del último año se multiplican exponencialmente las producciones, inclusive se estima que las estadísticas para los años 2006 y 2007 serán mucho mayores a los años anteriores.

Aquí se puede destacar que el biodiesel equivale al 40% de todo el combustible consumido por autos y camiones a nivel mundial, en Europa representa el 60%, mientras que en Estados Unidos el 24% y según las proyecciones este porcentaje crecerá.



Gráfico 5: Producción mundial de biodiesel y su respectiva tendencia de crecimiento



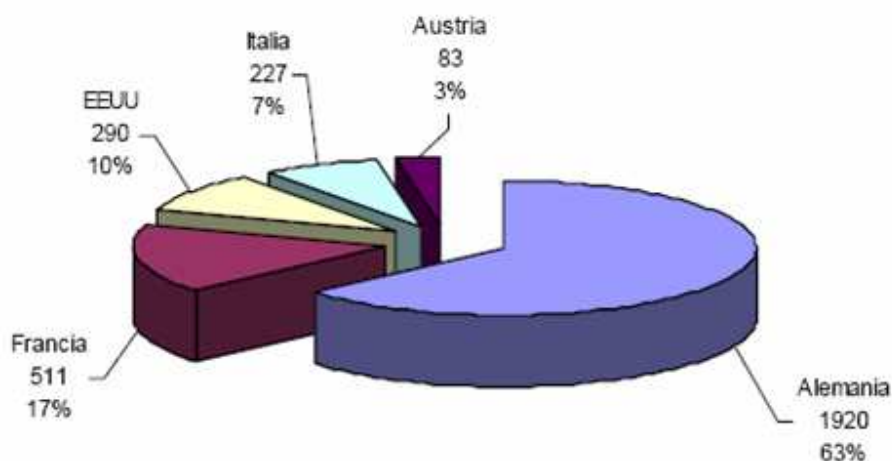
Biodiesel tasa de crecimiento anual 2000-2005 = 30%

Fuente: Primer Congreso Latinoamericano sobre Biorrefinerías, Chile 2006.

Como ya se menciona anteriormente y se puede ver en el gráfico 5, la tendencia mundial de producción de biodiesel va en aumento, con un crecimiento significativo desde el año 2000 al 2005 equivalente al 30 por ciento.

Hay que anotar que Europa lleva 20 años de experiencia en la producción de biodiesel. Alemania es una de las naciones más avanzadas en esta materia y es el principal productor mundial de biodiesel (63%) con 1.920 millones de litros al año, le siguen Francia con 557 millones y Estados Unidos con 290 millones de litros, por último Italia y Austria con producciones más modestas (28).

Gráfico 6: Principales productores de biodiesel, millones de litros.



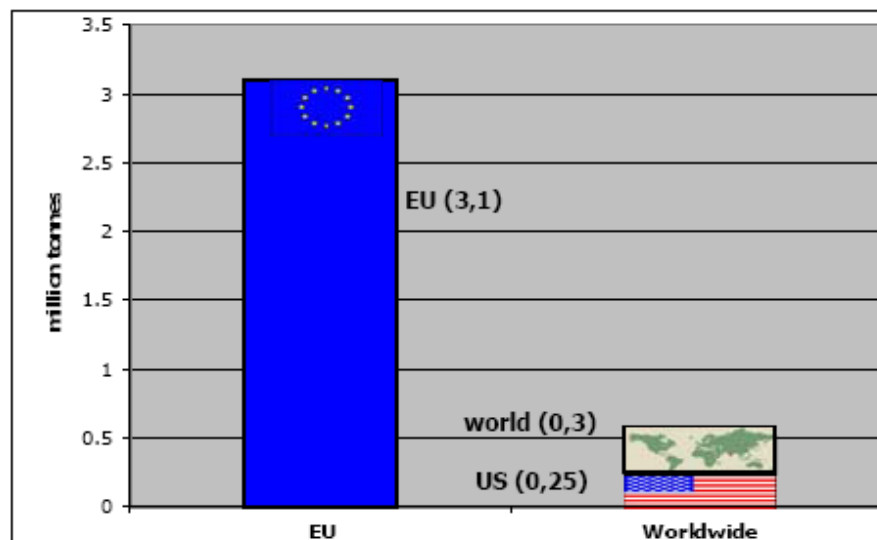
Fuente: Primer Congreso Latinoamericano sobre Biorrefinerías, Chile 2006.

En el gráfico 6 se observa a los principales países a nivel mundial que tienen producción de biodiesel; en la cabeza como ya se lo expuso, se encuentra Alemania, seguido de Francia, Estados Unidos, Italia y Austria. Existen para el año 2006 – 2007 nuevos competidores que han entrado en escena, como por ejemplo, Brasil, España y algunos países latinoamericanos en menor cantidad.

Se espera que durante este año y los siguientes, varios países logren llegar a ocupar nuevos puestos dentro de los primeros productores de biodiesel en el mundo, logrando con esto mejorar sus economías y brindar una mayor oferta para el mercado creciente.

Existen productores de biodiesel en todo el mundo, por ejemplo la cadena McDonald's en Austria recolecta anualmente 1.100 toneladas de aceite de freír usado en sus 135 restaurantes para la elaboración de biodiesel, el cual es empleado luego en el transporte público de la ciudad de Graz

Gráfico 7: Producción de biodiesel en la UE, EEUU y el resto del mundo.



Fuente: European Biodiesel Borrad 2005

Como ya se había dicho anteriormente, la Unión Europea muestra una clara ventaja en tecnología y años de experiencia, que a su vez se ve reflejada en la producción de biodiesel sobre el resto del mundo.

Tabla 7: Producción y estimaciones del biodiesel a nivel mundial.

Producción mundial de diesel	1381 millones de ton/año
Producción mundial de biodiesel	3.8 millones de ton/año
Potencial mundial de biodiesel (5%)	69 millones de ton/año
Área requerida para 3 millones de ton/año de biodiesel	750000 hectáreas
Empleos generados	235000

Fuente: Corpodib, 2007

La tabla 7 muestra el contraste entre la producción mundial de diesel y la de biodiesel y las estimaciones de producción mundial. Se aprecia la tendencia creciente para los futuros años, al igual que el requerimiento de áreas de cultivo para las materias primas, sumado a las plazas de empleo que brindará esta industria.

El consumo actual de diesel en el país ha experimentado un gran crecimiento desde hace casi 10 años; este aumento en el consumo de combustible diesel se debe en gran parte a la dieselización creciente del parque automotor, especialmente en el sector de carga y transporte público y además al subsidio del Estado para mantener bajo su precio. Ecuador en la actualidad importa diesel, ya que la capacidad de producción de este combustible en las refinerías nacionales no abastece a la demanda. Esto quiere decir que para satisfacer la demanda futura de diesel en el país será necesario importarlo a precios elevados regidos por las economías internacionales en el orden de 90.000 barriles diarios para el año de 2020, que a los precios actuales, representara un valor de alrededor de US\$ 1.500 millones anuales (24).

Por otro lado, la oferta de aceite de palma en el Ecuador ha tenido un crecimiento muy significativo, al igual que en todo el mundo. Las principales compañías que se dedican a la exportación de aceite crudo de palma en el Ecuador son: La Fabril Cía Ltda.; Industrias Ales S.A.; Epacem S.A.; Castor Ecuatoriana S.A.; Danec S.A.; Banxed S.A.; Pacificlink del Ecuador; Petroro S.A.

De estas empresas tan solo La Fabril S.A. se encuentra generando biodiesel y exportándolo. La Fabril está entre los principales exportadores latinoamericanos de biodiesel a Estados Unidos. Esta firma ha efectuado cinco despachos en los primeros meses de 2006 y mantiene contratos con empresas de esa nación hasta mediados del año 2007. En los planes de La Fabril

consta la adaptación de su planta de Guayaquil para la producción de biodiesel y la ampliación de la capacidad de su planta en Manta (24).

La competencia nacional en la producción de biodiesel es prácticamente nula, pero hay que rescatar que beneficiaría el aumento de la misma, ya que ayudaría a tener una mayor inserción en el mercado, con lo cual se tendría una mayor aceptación.

Tabla 8: Exportación ecuatoriana de aceite de palma.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>País de destino</b>	<b>Volumen Ton</b>	<b>Valor FOB miles US\$</b>
<b>2005</b>	Ene	VENEZUELA	1,998.07	985,050
		COLOMBIA	65.50	45,200
	Feb	MÉXICO	8,207.39	3,185,260
		COLOMBIA	64.59	44,570
	Mar	VENEZUELA	6,999.32	3,230,700
		MÉXICO	6,543.24	2,586,000
		EEUU	3,204.12	1,195,140
		ANGOLA	62.10	16,800
		UK	20.67	15,590
	Abr	BRASIL	3,400.31	1,276,820
		EEUU	0.11	300
	May	MÉXICO	8,603.84	3,309,290
		HOLANDA	5,245.08	1,743,990
		ANGOLA	113.01	80,020
	Jun	MÉXICO	5,500.44	2,079,170
		ESPAÑA	3,008.35	1,035,000
	Jul	MÉXICO	4,995.77	1,935,860
		VENEZUELA	3,599.42	1,722,930
		PERÚ	1,978.18	776,330
	Ago	INDIA	3,999.61	1,479,860
ALEMANIA		3,921.90	1,451,110	
Sep	MÉXICO	4,998.93	1,974,580	
	VENEZUELA	2,998.44	1,476,900	
Nov	VENEZUELA	3,000.00	1,498,500	
Dic	VENEZUELA	3,000.00	1,557,000	
	MÉXICO	3,003.13	1,250,870	
	CHILE	548.83	250,930	
	PERÚ	33.30	14,990	
<b>Total 2005</b>			<b>89,113.65</b>	<b>36,218,760</b>
Fuente: Banco Central del Ecuador (2005)				

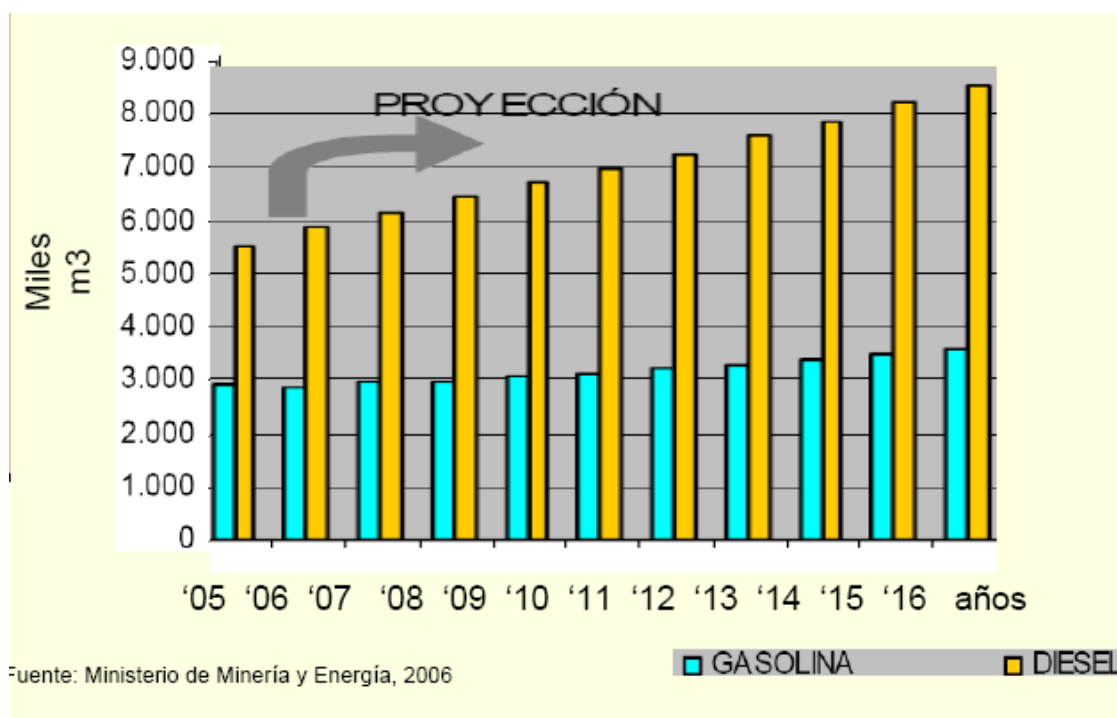
Como lo muestra la tabla 8, el Ecuador se ha convertido en un gran productor de aceite de palma africana, y la creciente demanda por el aceite primario de palma se ha incrementado exponencialmente durante los últimos años, esto se basa en que los países compran el aceite vegetal para producir biodiesel.

La producción en Latino América de biodiesel principalmente se encuentra en la Argentina, Uruguay, Colombia y Brasil. El Ecuador es uno de los nuevos competidores que están entrando al mercado. El Ecuador presenta varias ventajas como ofertante de biodiesel con respecto a sus competidores: ventaja comparativa en la producción de algunos cultivos oleaginosos, existencia de grandes superficies aptas con potencial para ser explotadas, es uno de los grandes exportadores mundiales de aceites vegetales, posee un gran mercado interno de consumo de combustible diesel, posibilidad de emplear el biodiesel puro o combinado con el combustible fósil (7).

### Demanda:

Se estima que la demanda mundial por el biodiesel va a llegar a 6.5 millones de toneladas en el año 2010 y 7.3 millones de toneladas en el 2020. Además, por el alto potencial que tiene el biodiesel como un lubricante aditivo se estima que la demanda puede crecer a 470 millones de toneladas en el 2010 y 630 millones de toneladas en el 2020 (12).

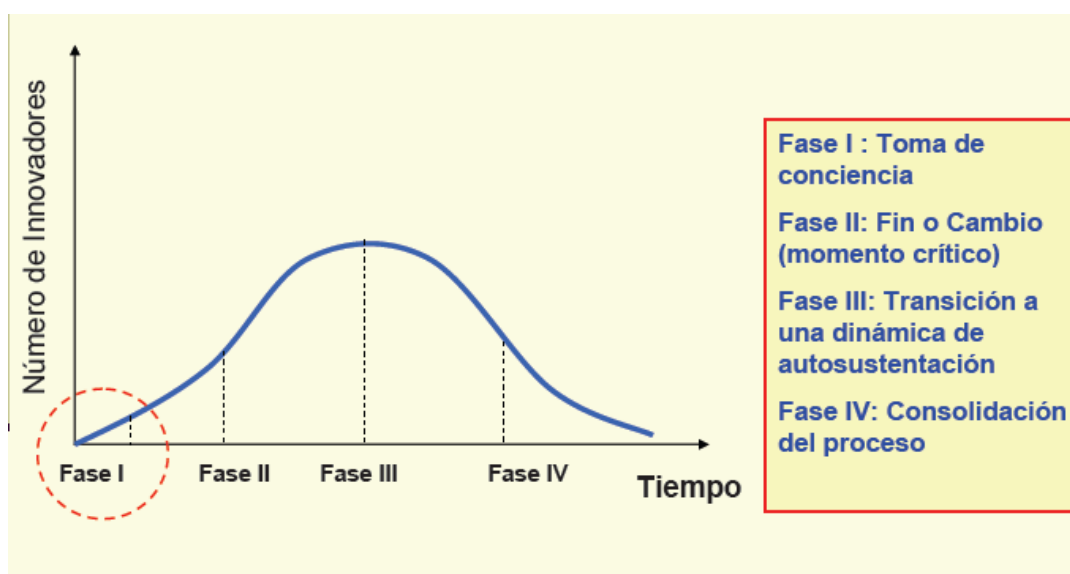
Gráfico 8: Proyección del crecimiento de la demanda de combustibles tradicionales.



En el gráfico 8 se puede apreciar la tendencia creciente por el consumo de combustibles tradicionales; esto indica que si la demanda de combustibles fósiles seguirá creciendo, existirá también una demanda creciente por los nuevos biocombustibles que actuarán como sustitutos o complementarios.

Hay que recalcar que la tendencia mundial por el cuidado del medio ambiente y la salud de la humanidad ha llegado a ocupar los primeros puestos en prioridades, brindando con esto una oportunidad gigante para la elaboración de combustibles alternativos, que están probados en su capacidad de reducir los niveles de contaminación. Las grandes potencias mundiales se encuentran en una carrera acelerada para lograr disminuir sus niveles de CO2 en la atmósfera y han dado gran apertura a la utilización del biodiesel como medio para conseguirlo, por todo esto la demanda del mismo en los últimos años se ha disparado en el mercado.

Gráfico 9: Proceso de difusión y ciclo de introducción del biodiesel en un nuevo mercado.



Fuente: Primer Congreso Latinoamericano sobre Biorrefinerías, Chile 2006.

En el gráfico 9 se tiene un diagrama del proceso de difusión e introducción del biodiesel, esto quiere decir todo el proceso que abarca dar a conocer el producto y llegar el mercado hasta lograr una venta. En la primera fase del proceso el consumidor debe tomar conciencia del problema ambiental que se está viviendo y pensar cómo puede colaborar para remediarlo.



Además, el gobierno inicia su apoyo para estos proyectos. En la segunda fase se presenta el fin del uso de los combustibles tradicionales, el consumidor acepta el cambio. En este punto se empiezan a montar las primeras procesadoras de biodiesel en el país. En la fase tres que por cierto es la más compleja es donde se da la transición para la utilización del nuevo producto, en esta fase el consumidor ya tiene la capacidad de encontrar al nuevo producto a su alcance. Es decir, la producción local ya es suficiente como para abastecer al mercado local. Finalmente, la fase cuatro muestra una consolidación en la compra del producto y por ende el proceso a completado su cadena.

Existe una serie de países que compran aceite de palma en el mercado internacional y lo destinan para su consumo y uso industrial interno. De la gama de compradores, los que demandan en mayores cantidades este producto son países asiáticos como China, India, Pakistán y Singapur; en Europa existen compradores de mucha importancia como Holanda, Reino Unido y Alemania (6).

La demanda por los biocombustibles viene de la mano de las grandes compañías productoras de automóviles, en países como EEUU y en Europa en general, las empresas como Renault y algunas japonesas como Honda han llevado a cabo campañas publicitarias promocionando los nuevos modelos de autos que cuidan el medio ambiente, esto brinda un gran apoyo para los productores de biocombustibles y un nicho de mercado a futuro.

Por otro lado, en Brasil la demanda por biodiesel ya es una realidad, por ejemplo en la ciudad de San Paulo 1800 buses circulan por la ciudad utilizando este combustible. La producción local de biodiesel avanza a suplir cualquier necesidad, inclusive grandes empresas internacionales como Shell ya tiene dispensadores de biodiesel en sus estaciones de servicio

en Brasil. Además, se han impulsado nuevos proyectos que han logrado montar plantas procesadoras muy innovadoras, que requieren grasa de pollo como materia prima (30).

En la Unión Europea se estipuló que para 2005 el 5% de los combustibles debe ser renovable, porcentaje que deberá duplicarse para 2010, mientras que en Francia, todos los combustibles diesel poseen un mínimo del 1% de biodiesel.

En Alemania, el biocombustible se comercializa en más de 350 estaciones de servicio y su empleo es común en los cruceros turísticos que navegan en sus lagos (2,7).

Es interesante destacar como la demanda de biodiesel y otros biocombustibles a nivel mundial han generado oportunidades para pequeños, medianos y grandes productores de varios países en el mundo. Estas oportunidades no solo tienen lugar en sus países de origen con subsidios y cualquier tipo de ventaja productiva, sino ahora grandes organismos mundiales como el Banco Iberoamericano de Desarrollo está brindando créditos y además respalda investigaciones en estas áreas. Por otro lado, en países como Argentina y Colombia el apoyo del gobierno central para la elaboración de biodiesel ha llegado con incentivos fiscales como la exención del pago de impuestos, subsidios y respaldo con créditos para iniciar los proyectos (29).

El empleo de biodiesel en el mundo se ha vuelto cada vez más común:

Europa: En la Unión Europea el aporte medio de las energías renovables al consumo de energía primaria es aproximadamente de un 6%, aunque la situación por países es muy desigual. En algunos representa un porcentaje muy elevado (Suecia, 25,5%; Austria, 24,3%; Finlandia, 21,3%; Portugal, 25,7%), mientras que en otros es muy testimonial (Gran Bretaña, Bélgica, Holanda y Luxemburgo, con porcentajes cercanos al 1%). En el año 2005 el sector del transporte dependía en un 98% de los derivados del petróleo, un recurso que se estima se agotará en 50 años. Además se

calcula que en los años venideros el parque móvil crecerá en un 25% hasta 50%, por lo que la UE pretende que el consumo de biocarburantes supere el 5% del consumo total de combustible. Esto último se refleja en la concreción de un programa denominado ALTENER que establece 3 objetivos en materia de fuentes de energía renovables para Europa: incrementar la participación del mercado de energías renovables, triplicar la producción de energías renovables y asegurar una participación de los biocombustibles en el consumo total de combustibles por los vehículos. De hecho, esto ya es una realidad en algunos países. Francia es uno de los mayores productores de biocombustible en la actualidad (allí se conoce como diéster) basado en el aceite de colza, mezclado con petrodiesel. En relación a esto, la firma Peugeot, ha presentado un automóvil que funciona con diéster de colza puro. Se trata del modelo 206 HDI COLZA. Por otra parte, en Alemania, las severas leyes de protección ambiental, exigen que las máquinas agrícolas usen sólo combustibles y lubricantes biodegradables.; en varias ciudades alemanas, incluso el transporte público emplea biomezclas. Finalmente, siguiendo con las ciudades más importantes, en España, el transporte público de varias ciudades utiliza el biodiesel, como por ejemplo Valladolid o Zaragoza, donde sus biobuses recorren las calles impulsados con una mezcla de éter metílico de girasol y gas oil. Además, se han concretado un sinnúmero de acuerdos entre las cooperativas y Repsol, para la fabricación de las mezclas (22).

La organización responsable de todo lo referente a la industria del biodiesel en Europa es la European Biodiesel Board EBB (Consejo Europeo de Biodiesel) y la norma bajo la cual se produce el biodiesel puro es la EN14214 la cual asegura una altísima calidad y desempeño. En Alemania las normas son la DIN EN 590 y la DIN 51606 que cumplen con las exigencias establecidas para limitar las emisiones de los gases de escape por la norma Euro 4. Según datos de la EBB la producción de la Unión Europea UE en 2004 fue de 1933.4 millones de

kilos (4253.5 millones de libras) de biodiesel generado principalmente a base de aceite de colza, en gran parte gracias a las industrias de Alemania, Francia e Italia. Tanto en Europa como en Estados Unidos algunos fabricantes de automóviles diesel han extendido sus garantías para cubrir el biodiesel. Si este biodiesel es producido bajo los estándares respectivos, no genera daños en los motores diesel modernos, y de hecho ha mostrado tener beneficios como el de incrementar la lubricación

EEUU: En este país se usa ampliamente la mezcla 80% diesel, 20% biodiesel (de soja principalmente). En los años 2000 se anunció un aporte de 50 millones de dólares para el desarrollo de biocombustibles, este presupuesto se ha venido manteniendo en el transcurso del tiempo inclusive se ha aumentado el porcentaje. La agencia ambiental anunció que se debe sustituir todo el aditivo oxigenante de las naftas (MTBE) por etanol, lo que implicará un aumento de la demanda de maíz de 12 millones de toneladas anuales, con la consiguiente incidencia en los precios. Actualmente toda la producción de biodiesel de este país se está aplicando en autobuses, automóviles gubernamentales, en la marina, flotas pesqueras, embarcaciones turísticas, tránsito en aeropuertos y parques nacionales. Existen grandes empresas que comercializan biocombustibles y derivados, provenientes del aceite de soja, como es el caso de la WEST CENTRAL SOY, que produce una gama de productos denominado SOY POWER (aceite hidráulico, grasa, ésteres, aditivos, etc.) (22).

En Estados Unidos se adoptó un proyecto de ley que asegura que el 2% del combustible que todas las compañías de transporte pesado utilizan, se origine del biodiesel. Un número de compañías de buses y camiones están ensayando una mezcla B20, y las Fuerzas Armadas (US Army) requieren ahora nuevos tanques y camiones para que sean compatibles con el biodiesel.

En 2001 un estudio del Departamento de Agricultura de Estados Unidos concluyó que un incremento de 195 a 260 millones de galones (751 a 1001 millones de litros) de biodiesel era factible para el año 2010. El biodiesel a base de soya, que es el predominante (debido a un excedente de aceite de soya en la producción nacional) también elevaría las ganancias efectivas totales de las cosechas por US\$ 5.200 millones con un incremento en el ingreso neto promedio para los granjeros de US\$ 300 millones por año (22).

La organización responsable de todo lo referente a la industria del biodiesel en Estados Unidos es la National Biodiesel Board NBB (Consejo Nacional del Biodiesel) y la norma bajo la cual se produce el biodiesel puro es la ASTM D 6751. Esta misma organización establece que se necesitan 7.3 libras (3.32 kg) de aceite de soya, que cuesta alrededor de 20 centavos de dólar por libra, para producir un galón de biodiesel (22).

Países Sudamericanos: Dentro de estos países, las acciones más relevantes fueron desarrolladas por Brasil. Más de 5 millones de vehículos se mueven exclusivamente con alcohol, y otros tantos lo hacen con mezcla de gasolina y etanol, constituyendo un total de 10 millones de vehículos biopropulsados. Inclusive, ya existe una gran producción de biodiesel a partir de aceite de palma o de soya, la cual cubre una demanda local, de la misma forma sucede en Argentina y Uruguay, donde existen grandes procesadoras de biodiesel y la tecnología en dichos países esta muy avanzada. Por último en Chile y Colombia ya existen proyectos para la construcción de plantas de procesamiento de biodiesel, las cuales dentro de este año entraran en función cubriendo una demanda local de cada país (22).

**Comercialización:**

En Europa el biodiesel es producido principalmente a partir del aceite de la semilla de canola y el metanol, producto denominado comercialmente como RME (Rapeseed Methyl Ester), el cual es utilizado en las máquinas a diesel puro o mezclado con petro diesel, en proporciones que van desde un 5% hasta un 20%, generalmente. En Alemania y Austria se usa puro para máximo beneficio ambiental.

Además de la colza, en los últimos años se ha producido biodiesel a partir de aceite de soya, girasol y palma, siendo esta última la principal fuente vegetal utilizada en Malasia para la producción de biodiesel PME y PEE (Palm Methyl Ester y Palm Ethyl Ester).

En Europa y los EE UU, el biodiesel es producido y utilizado en cantidades comerciales. En 1998, se designó al biodiesel puro ("B100" - 100%), como un combustible alternativo y se estableció un programa de créditos para el uso de biodiesel. Sin embargo, el biodiesel mezclado, cuya forma más común se llama B20 (20% biodiesel, 80% diesel convencional), no ha sido calificado como un combustible alternativo.

En los EE UU, las flotas de carga mediana y liviana que son abastecidas de combustible en el medio oeste y en el este son actualmente las principales usuarias del combustible biodiesel. Varias flotas de buses escolares y de transporte público también están usando biodiesel en los EEUU. Sin embargo, la participación del biodiesel en el mercado total es todavía baja: por ejemplo, en Alemania, donde el biodiesel está disponible en cerca de 1.000 estaciones de llenado de combustible, de un total de 16.000, la participación del biodiesel está en el orden de

0,3% del diesel vendido, lo cual equivale a 100.000 toneladas. Se espera que este valor se eleve a 300.000 toneladas en el futuro.

En el año 1992 se inició la producción a escala industrial del biodiesel en toda Europa (Austria, Bélgica, Francia, Alemania, Italia y Suecia), llegándose en la actualidad a producir más de un millón de toneladas anuales (2).

Parámetros técnicos para la exportación:

El NIOP (National Institute of Oilseed Products) y la FOSFA (Federation of Oils, Sedds and Fats Associations LTD) han impulsado algunas normas técnicas que deben cumplir los países para proceder con las exportaciones de aceite crudo de palma. Las principales condiciones son que la acidez del aceite no supere el 5 por ciento al momento del embarque y que la humedad más las impurezas igualmente no superen el 1 por ciento al momento de ser embarcados (6).

Para el caso de exportación de biodiesel, existen otros requisitos que se deberán satisfacer para que el proceso de exportación se logre realizar sin percances.

Normas de calidad: (2)

Los ésteres metílicos o biodiesel, sea cual sea la materia prima empleada para su fabricación, tienen que cumplir unas normas de calidad.

Tabla 9: Estándares de biodiesel según la normativa DIN 51606

Características	Unidad	DIN 51606
Densidad a 15°C	g/cm <sup>3</sup>	0.875 - 0.90
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3.5 - 5.0
Punto de inflamación	°C	min. 110
<u>CFPP</u>	°C Verano	máx. 0 °C (32 °F)
Sulfuro total	% masa	0.01
Residuos de carbono Conradson (CCR) a 100%	% masa	máx. 0.05
Número de cetano	-	min. 49
Contenido de ceniza	% masa	máx. 0.03
Contenido de agua	mg/kg	máx. 300
Agua y sedimentos	vol. %	-
Contaminación total	mg/kg	máx. 20
Corrosión del cobre ( 3 hs, 50°C)	Grado de corrosión	de 1
Valor de neutralización	Mg	máx. 0.5
Contenido de metanol	% masa	máx. 0.3
Monoglicéridos	% masa	máx. 0.8
Diglicéridos	% masa	máx. 0.4
Triglicéridos	% masa	máx. 0.4
Glicerina libre	% masa	máx. 0.02
Total de glicerina	% masa	máx. 0.25
Número de yodo	-	máx. 115
Fósforo	mg/kg	máx. 10
Contenido de alcalinos (Na+K)	mg/kg	máx. 5

Fuente: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org) (2006)



En la tabla 9 se presenta la normativa de calidad que rige en Europa, la Norma Alemana DIN-V 51606. Actualmente la Comunidad Europea está en proceso de crear su propia norma de calidad, la Norma prEN14214 (provisional). En el caso de Ecuador todavía no existe una reglamentación para la producción y comercialización de biodiesel, pero para su exportación se rige según la normativa del país de destino.

### **Análisis comercial del proyecto.**

Para este proyecto el mercado objetivo que se ha determinado es un productor grande de biodiesel a nivel nacional, esto con la finalidad de abaratar costos de transporte y lograr mejorar los márgenes de utilidad. Si bien es cierto, el precio no será igual al precio que se obtendría si el producto fuera exportado a países europeos o a Estado Unidos, una producción relativamente pequeña como la que plantea este proyecto resulta mejor comercializarla internamente o aliarse a grandes productores.

Las necesidades que busca satisfacer este proyecto son las siguientes:

- Obtener un combustible alternativo.
- Combustible amigable con la naturaleza.
- De calidad certificada.
- A futuro un combustible de bajo costo\*.
- 100% producido en Ecuador.
- Sustentable a largo plazo.

\*Si la tendencia creciente en los precios del petróleo continúa en algunos países no productores el precio del biodiesel podrá ser significativamente menor que el del combustible fósil. Para el mercado de países productores como es el caso de Ecuador, el precio del biodiesel es sin lugar a duda mayor, pero esto podrá ser solventado con algún tipo de ayuda del gobierno (exclusión de impuestos y subsidios)

Una ventaja que presenta este proyecto con su producto final (biodiesel), es su facilidad para su comercialización, ya que la demanda por dicho producto es altísima en todo el mundo. Para la venta de biodiesel, como ya se lo viene haciendo en varios países del mundo, su punto de distribución son las gasolineras de las empresas transnacionales existentes, por lo tanto no se requiere montar una infraestructura para la venta.

Además, el producto ya tiene un gran reconocimiento a nivel mundial, de manera que su venta, si los factores asociados son competitivos, sería extremadamente buena.

En el caso específico del proyecto que se plantea, los canales de distribución serán subcontratados ya que el volumen de producción va a ser relativamente bajo y no amerita tener un servicio de transporte propio; no obstante con el aumento en la producción y venta se puede pensar en adquirir un transporte.

Los proveedores de materias primas serán todas las empresas refinadoras de aceite de palma que se encuentran en la zona de Santo Domingo de los Colorados. El hecho de tener varias opciones, facilita la provisión de materia prima en las cantidades que se requieran.

**Precio:**

El incremento significativo de los precios internacionales del aceite de palma permitió exportar todos los excedentes de aceite crudo o primario a precios muy atractivos (US\$ 650 por tonelada) durante el año 1998. Las sequías que se presentaron en los principales productores como Malasia e Indonesia, determinaron el aumento.

En la actualidad, la sobreoferta de aceite de palma africana presentada a nivel mundial ocasionada por los mayores productores mencionados ha provocado un deterioro general de los precios del producto. Mientras en enero de 1999 el precio referencial CIF se ubicó en 629 dólares por tonelada, en el año 2002 se ubicó en 334 dólares y a finales del año 2006 se ubica en 508 dólares por tonelada aproximadamente.

El precio promedio internacional anual para el aceite de palma se redujo desde 434 dólares por tonelada en 1999 a 309,1 y 285,6 dólares en los años 2000 y 2001, respectivamente.

Los precios promedio en el mercado local en los dos últimos años se ubicaron por encima de los precios referenciales internacionales y por lo tanto tuvieron que equipararse a los del mercado internacional mediante el mecanismo de amortiguación previsto en el Sistema Andino de Franja de Precios (SAFP), cuya estrategia para las circunstancias descritas fue establecer cargas arancelarias en beneficio del productor (6).

El costo del biodiesel es más alto que el del diesel generado a partir de refinamiento del petróleo. El biodiesel puro (100%) tiene un costo de producción de alrededor \$1.50 a \$2.00 por galón previo a los impuestos. Los impuestos a los combustibles pueden sumarle \$ 0.25 al precio antes mencionado. Una mezcla de 20% de biodiesel y 80% de diesel puede costar alrededor de \$ 0.20 o \$ 0.30 más por galón, sobre el costo del diesel al 100%. Se estima que

para un futuro en países que no subsidian el precio del petróleo, el costo del biodiesel será uno o dos centavos más alto que el del diesel normal. En los EEUU se está empezando a trabajar con el Departamento de Energía para reducir el costo del biodiesel; se necesitará brindar algún tipo de subsidios al igual que tienen las empresas que generan combustibles a partir de petróleo con la finalidad de promover la producción y mejorar los precios (14).

Si se toma el máximo histórico de cotización del aceite de palma de 670 dólares por tonelada, resultaría en un precio de biodiesel en puerta de planta de 0,95 dólares por litro. Si se considera el mínimo histórico de cotización del aceite de palma de 200 dólares por tonelada, como promedio del año 1985, el precio de biodiesel en puerta de planta sería de 0,28 dólares por litro (15).

Aunque el costo del biodiesel es dependiente de la elección de la materia prima, diversos estudios de mercado han demostrado que su precio resulta muy parejo al del diesel comercial en países europeos o inclusive en Norteamérica, debido al alto precio del galón de diesel normal en dichos países, mientras que para el mercado ecuatoriano resultaría imposible competir con los precios del diesel, ya que el Estado mantiene un subsidio extremadamente alto. Se debe considerar que a medida que su empleo se generalice, el precio de adquisición se irá estabilizando en cotas más que razonables. En Estados Unidos, por ejemplo, se ha estimado su precio entre 0,45 y 0,66 dólares por litro (16).

Tabla 10: Precio de venta al público del biodiesel puro y la mezcla B20

	<b>Biodiesel puro 100%</b>	<b>Biodiesel mezcla 20%</b>
Precio a la salida de la planta	\$0.87 / litro	
Impuestos	\$0.25 / litro	
Flete	\$0.06 / litro	
Margen estación de expendio	\$0.06 / litro	
<b>Precio de venta</b>	<b>1.24 dólares /litro</b>	
80% diesel de \$0.27 / litro		\$0.25 / litro
20% diesel de \$0.87 / litro		\$0.17 / litro
<b>Precio de venta</b>		<b>0.41 dólares / litro</b>

Fuente: [www.biodieseluruguay.com](http://www.biodieseluruguay.com)

En la tabla 10 se detalla el precio de venta que tendría el biodiesel puro y la mezcla B20, con un costo de salida de planta de 0,87 de dólar por litro. Como puede verse, la mezcla B20 tiene en la actualidad, un precio relativamente similar al del diesel. Sin embargo, el B100 alcanza un precio extremadamente alto en comparación con el precio del diesel, hay que recalcar que todos estos precios son para Ecuador al cierre del año 2006.

Está claro que, así como el precio del diesel responde a la cotización del barril de crudo, el precio del biodiesel fluctúa al ritmo del precio de la tonelada de aceite, lo que variaría el precio de salida de la planta.

En general el B20, mezcla al 20 % eleva el precio del combustible entre 60 y 80 centavos de dólar por galón. En Ecuador, estando hoy el precio del diesel en 30 centavos por litro, una mezcla B20 estaría entre los 40 y 50 centavos por litro, según se le aplique o no la carga tributaria correspondiente. Este cálculo se realiza con un aceite de palma cotizando a 508 dólares por

tonelada, y con un margen de ganancia del 20 % sobre el costo de producción en las ventas de la planta industrial.

No obstante su costo, la justificación para encarar su producción y futura utilización descansa en objetivos superadores que contemplan beneficios ambientales, desarrollos de nuevos mercados para la producción primaria y para la industria, posibilidades alternativas en combustibles de base renovable, desarrollo de nuevos circuitos económicos con su consiguiente generación de riqueza y ocupación de mano de obra.

Tabla 11: Incidencia de la materia prima en el costo de producción y precio de venta.

<b><i>COSTO UNITARIO DEL ACEITE</i></b>	<b><i>COSTO DE PRODUCCIÓN</i></b>	<b><i>PRECIO DE VENTA CON MARGEN DEL 20%</i></b>
200 \$ / ton	275 \$/m <sup>3</sup> biodiesel	330 \$/m <sup>3</sup> biodiesel
250 \$ / ton	320 \$/m <sup>3</sup> biodiesel	384 \$/m <sup>3</sup> biodiesel
300 \$ / ton	365 \$/m <sup>3</sup> biodiesel	438 \$/m <sup>3</sup> biodiesel
350 \$ / ton	410 \$/m <sup>3</sup> biodiesel	492 \$/m <sup>3</sup> biodiesel
400 \$ / ton	456 \$/m <sup>3</sup> biodiesel	547 \$/m <sup>3</sup> biodiesel

Fuente: [www.biodieseluruguay.com](http://www.biodieseluruguay.com)

## **Análisis FODA**

### Fortalezas:

- La pequeña estructura inicial del proyecto dará el margen necesario para ajustar la producción a la demanda que podrá ser baja en un comienzo, además se ganara experiencia en la producción de biodiesel para llegar a ser más eficientes.
- Se podrán tramitar las certificaciones de calidad correspondientes, para que el momento que se active la demanda poder satisfacerla inmediatamente,
- Al tener la planta de procesamiento cerca de la materia prima se abaratan costos, además se encuentra en una zona donde se tienen todos los servicios básicos como personal de trabajo, inclusive se encuentra relativamente cerca del lugar de despacho.
- El proyecto resulta muy tentador para grandes inversionistas, que ven al biodiesel como una alternativa mundial ya en desarrollo.

### Oportunidades:

- El momento en que se plantea el proyecto es el ideal, la demanda es alta y la oferta no esta saturada.
- Altos costos del petróleo, llevados por alta demanda y no por caídas en la oferta.
- Futura escasez, en países no productores, de diesel.
- Futuras leyes que favorezcan la producción de combustibles alternativos, a si como incentivos por parte del gobierno.
- Grandes cantidades de materia prima.
- Fondo de carbono como ingreso extra.
- Reservas petroleras del país son limitadas.



Amenazas:

- Disminución del costo del petróleo a nivel nacional y mundial, como los de sus derivados causado por una recesión mundial.
- Altos aranceles a la producción y exportación de biocombustibles.
- Posibilidad de encontrar nuevos yacimientos petrolíferos.
- Posibilidad de encontrar nuevas alternativas para la generación de energía, que replacen a los biocombustibles.
- Posibilidad de un alza indiscriminada en el costo de las materias primas.

Debilidades:

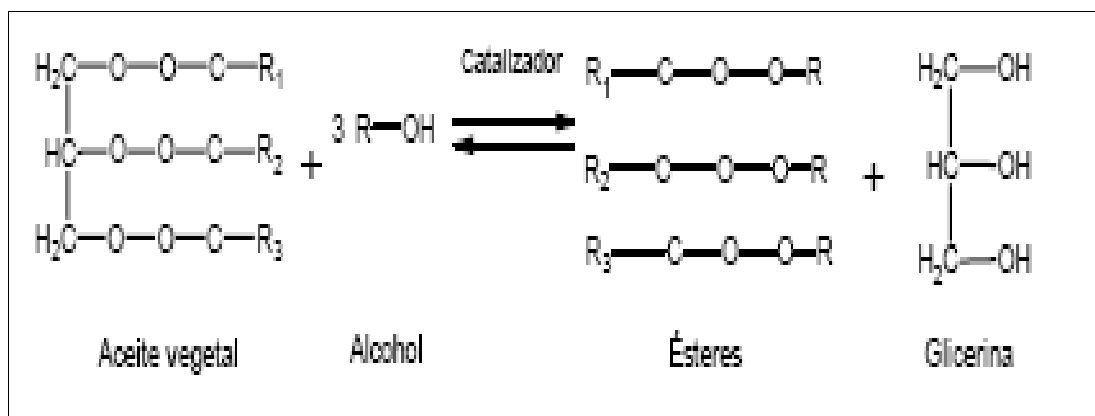
- Inseguridad jurídica en el país, donde por acuerdos se puedan imponer cuotas de producción o precios máximos de venta.
- Posibilidad de una crisis económica en los países compradores.
- Ante un aumento explosivo de la demanda, se priorizaran contratos con grandes productoras y las pequeñas decaerán.

### Estudio técnico:

#### Proceso químico

El proceso químico comprende la transesterificación del aceite o grasa con la utilización de alcoholes ligeros, utilizándose un catalizador adecuado, para dar como resultado ésteres de ácidos grasos (biodiesel). El alcohol que generalmente se utiliza es metanol, aunque se pueden utilizar otros alcoholes ligeros, como etanol, propanol o butanol. Como coproducto del biodiesel final se obtiene glicerina, que se puede utilizar en otros procesos de interés industrial, suponiendo un factor positivo desde el punto de vista económico (2).

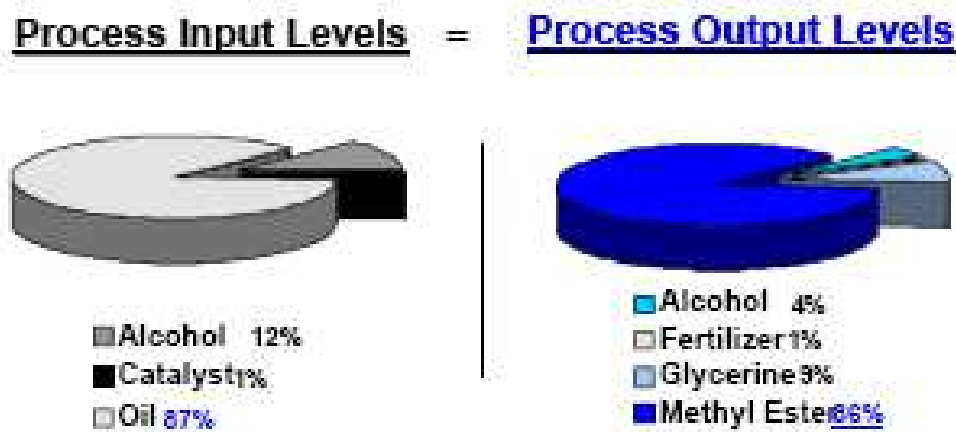
Gráfico 10: Reacción para la elaboración de biodiesel



Fuente: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org) 2007

En el gráfico 10 se ve la reacción química necesaria para obtención del biodiesel, este método químico es ampliamente usado debido a que tiene un alto porcentaje de rendimiento y representa un proceso de conversión directa.

Gráfico 11: Elaboración de biodiesel, proceso de entrada y salida.



Fuente: [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org) (2006)

En el gráfico 11 se puede ver un aproximado de las cantidades necesarias para producir biodiesel y a su vez se aprecia lo que se obtiene después del proceso de transesterificación. Como se ve, la cantidad de aceite vegetal utilizado es casi igual a la cantidad de biodiesel obtenido.

Las materias primas que se pueden emplear en la obtención de biodiesel son muy variadas y pueden clasificarse en: (3)

a) Aceites vegetales:

- Aceites de semillas oleaginosas: girasol, colza, soya y coco.
- Aceites de frutos oleaginosos: palma.
- Aceites de semillas oleaginosas alternativas: *Brassica carinata*, *Camelina sativa*, *Pogianus*.

- Aceites de semillas oleaginosas modificadas genéticamente: Aceite de girasol de alto porcentaje oleico.
- Aceites vegetales de final de campaña: Aceite de oliva de alta acidez.

b) Aceites de fritura usados.

c) Grasas animales: Sebo de distintas calidades.

Pasos a seguir:

En primer lugar se mezcla el catalizador (NaOH) y el metanol en el tanque de premezcla, posteriormente se unirán en el reactor principal con el aceite dando lugar al proceso de transesterificación. Dependiendo de las características del aceite empleado, en algunos casos se debe dar un tratamiento previo para mejorar principalmente el punto de fusión del producto final. Como paso previo se somete al aceite a una pequeña refinación o calentamiento previo, según sea el caso.

El producto obtenido consiste en una mezcla de biodiesel, metanol, glicerina, agua, ácidos grasos libres e impurezas. Para mejorar la eficacia del proceso, se lo lleva a cabo en sucesivas etapas de decantación.

El biodiesel crudo se somete a una etapa posterior de lavado con agua. Finalmente el biodiesel se separa del metanol y el agua mediante evaporación y se almacena para su posterior despacho. El co-producto obtenido es glicerina al 80% que se puede someter a un proceso de purificación. La mezcla de agua-metanol se separa mediante evaporación recirculándose nuevamente al proceso productivo (31).

## **Proceso industrial**

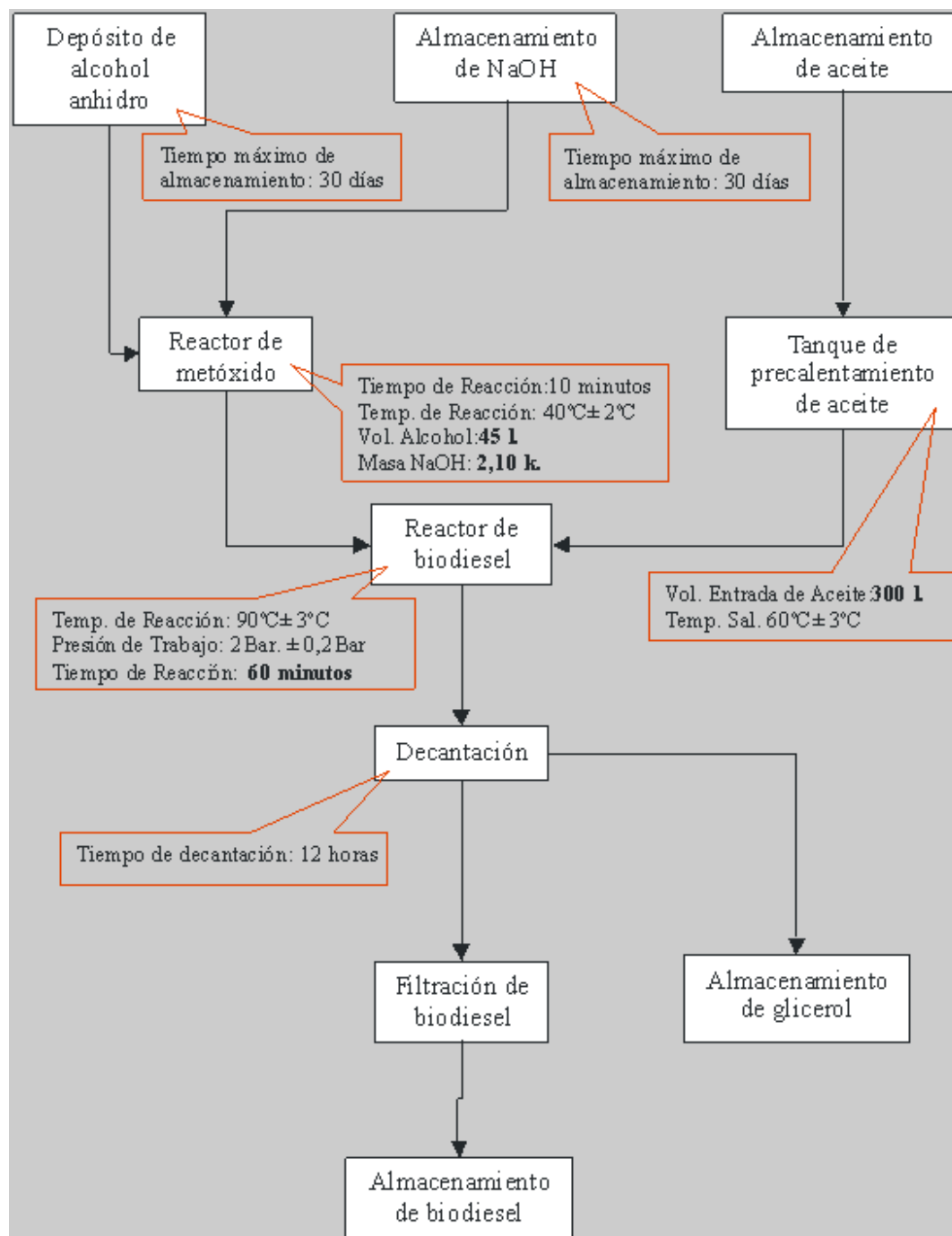
El aceite de palma es inicialmente calentado a la temperatura de proceso óptima (60°C) en el reactor (como se puede apreciar en el siguiente diagrama de flujo). En el reactor pequeño o de premezcla se agregan cantidades necesarias de metanol (15% de la cantidad de aceite vegetal a procesar) y el catalizador (0.7% NaOH de la cantidad de aceite vegetal a procesar) y se inicia la agitación/mezclado a una temperatura de 40° C por 10 minutos.

Precautado el aceite a 60° C se incorpora al reactor principal el metóxido desde el minireactor. Se cierra el venteo y se presuriza a 2 Bar, al mismo tiempo que se habilita el circuito de calefacción a 90° C.

Cuando se completa el agitado/mezclado (45/60 minutos), se trasvasa la mezcla de reacción al decantador (tanques de limpieza y decantación) y se espera el tiempo necesario para que ocurra la separación por decantación del glicerol y el biodiesel (12 horas). Se extrae el glicerol aprovechando la presión del decantador, y a continuación se extrae el biodiesel, filtrándolo a cinco micrones antes de almacenarlo. El biodiesel filtrado que se obtiene está listo para ser usado de inmediato, no requiriendo proceso posterior alguno. Cada ciclo se completa en 12 horas aproximadamente (dependiendo de la maquinaria que se vaya a utilizar) (21).

Es importante subrayar que la planta de biodiesel produce además glicerol bruto como subproducto (10 % aprox. de la producción de biodiesel). La glicerina producida una vez refinada, puede ser empleada en distintos campos como ser: industria química (plásticos, pinturas, conservantes), cosmética, farmacéutica y explosivos.

Gráfico 12: Secuencia de pasos del proceso.

Fuente: [www.bioking.nl](http://www.bioking.nl) 2007

El gráfico 12 muestra el diagrama de flujo detallado, el tiempo de almacenamiento y los tiempos por procesos.

### **Descripción de la planta y maquinaria**

Módulos del proceso:

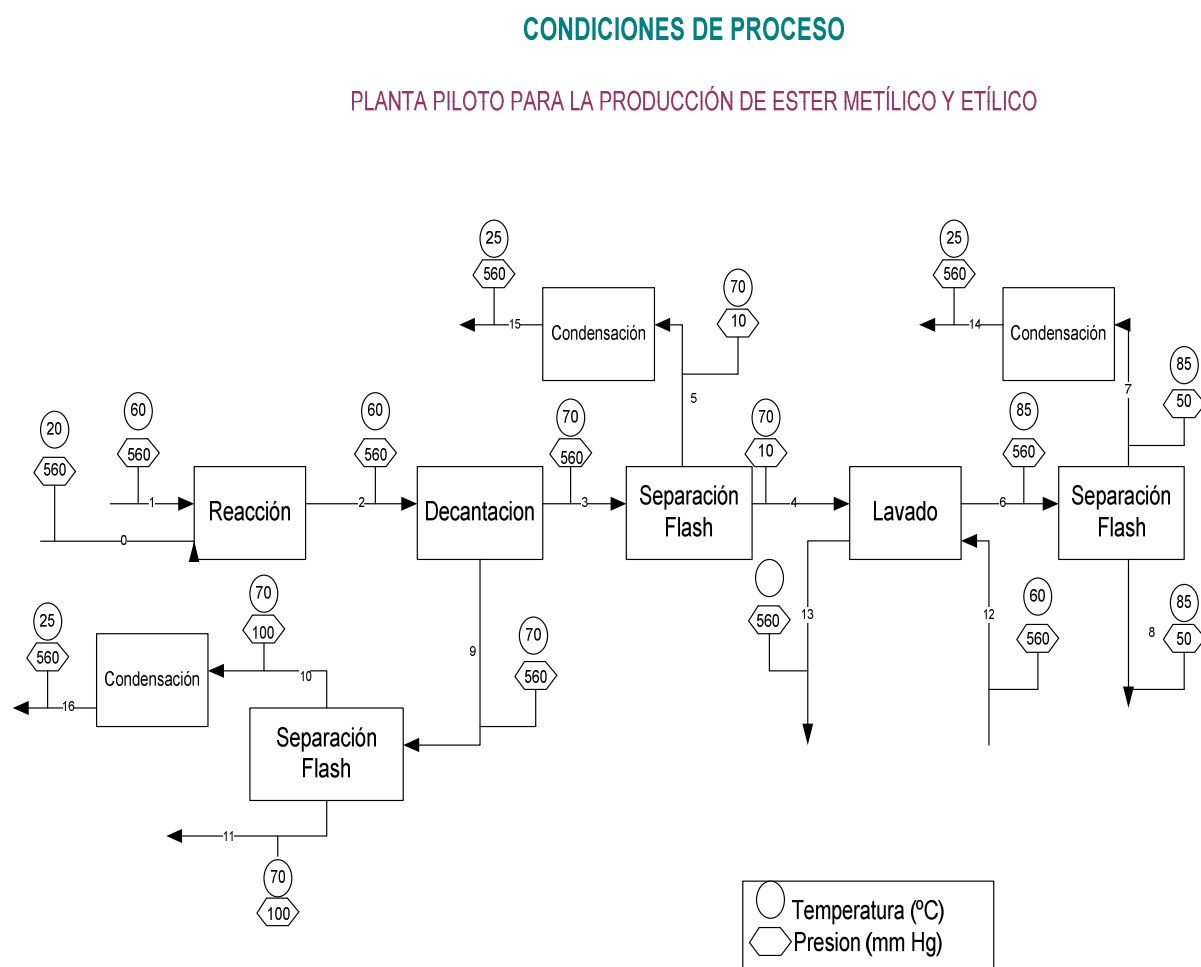
a) Unidad de transesterificación.

El aceite vegetal refinado y sin ácidos, que constituye el material de alimentación para la unidad de transesterificación, es transformado catalíticamente, mediante agregado de metanol o etanol con el catalizador previamente mezclado, en metil o etiléster y glicerina.

b) Unidad de purificación y concentración de glicerina.

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

Gráfico 13: Condiciones de temperatura y presión en la planta piloto de biodiesel.



Fuente: [www.biodiesel.nl](http://www.biodiesel.nl)

El gráfico 13 muestra el diagrama completo del proceso dentro de una planta de procesamiento de biodiesel; se aprecian claramente las diferentes temperaturas dentro de toda la cadena de producción. Como se explicó anteriormente, los deltas térmicos son parte fundamental en la reacción química necesaria para la elaboración de biodiesel.



#### Descripción del reactor:

El reactor es presurizado, con calefacción eléctrica, y utiliza tecnología de agitado/mezclado de alta velocidad. Está dotado de aislamiento de poliuretano expandido, más una regulación automática de presión y temperatura de proceso.

La construcción es en acero de 1/8' de espesor. La construcción cumple con las normas DIN y ASTM para seguridad industrial, y ambiental.

El reactor ni la planta generan efluentes. Están venteadas para evacuar los vapores de alcohol que pudieran generarse durante el llenado. El venteo se utiliza igualmente para la recuperación opcional del excedente de alcohol. El tablero de control es impermeable; los circuitos eléctricos están entubados.

El circuito de llenado está provisto de dos entradas independientes que se conectan a la provisión de alcohol y aceite, mediante electro bombas que se comandan desde el tablero. El nivel de llenado es controlado visualmente. El concentrado de metanol y sosa cáustica se prepara en el mini reactor y es bombeado hasta el reactor madre.

La temperatura de reacción se regula desde el tablero; para ello se provee de un termóstato y un termómetro análogo para control. La presión de reacción se fija mediante un regulador incorporado en el circuito de aire comprimido. Se incluye un manómetro análogo para control, y válvula de seguridad.

Entradas y salidas por lote de producción:

Entrada:

- 1.000 litros de lote de alimentación (aceite de semilla de colza, aceite usado para cocinar, aceite de palma)
- 220 litros de Metanol
- 3,5 – 5 kilogramos de sosa cáustica (El test de valoración le determinará la cantidad exacta)
- 200 litros de agua limpia (para el lavado del biodiesel)

Salida:

- 1.000 litros de biodiesel
- 225 litros de glicerina cruda
- 200 litros de aguas residuales

Tabla 12: Descripción de reactor BK12000 y sus componentes.

<b>Especificaciones</b>	
Tanque reactor de acero inoxidable de alto rendimiento de 1.400 litros ( <i>370 galones</i> ).	1 x
Mezclador eléctrico de 1.1 Kw. - 1350 RPM	1 x
Tanque de premezcla de alto rendimiento de acero inoxidable de 250 litros ( <i>66 galones</i> ) de alta actividad	1 x
Mezclador eléctrico de 0.35 Kw. - 1350 RPM	1 x
Bombas de Metanol, aceite y Biodiesel de 0.55 Kw./ 80 litros ( <i>21 galones</i> ) por minuto	4 x
Bombas y filtros de acero inoxidable	1 x
Unidades de calentamiento de 6 Kw.	4 x
Termostato digital ajustable	1 x
Sistema de filtrado final en 5 micrones	1 x
Múltiples válvulas de acero inoxidable	1 x
Sistema de electricidad 380Volt/50Hz – 60Hz o sistema eléctrico opcional US	1 x
Panel de control semiautomático de acero inoxidable	1 x

Fuente: [www.bioking.nl](http://www.bioking.nl) 2007

Fotografía 1: Reactor, tanque de premezcla y bomba.



Fuente: [www.bioking.nl](http://www.bioking.nl) (2007)

En la fotografía 1 se puede apreciar de izquierda a derecha, el reactor principal, la caja de bombas, y el reactor de premezcla, todo conectado en un circuito cerrado.

Tabla 13: Dimensiones de la maquinaria.

<p>Tanque reactor:</p> <p>Altura: 2.54 metros - (8.34 pies)            Diámetro: 1.08 metros - (3.54 pies)            Peso: 300kilogramos - (661 libras)</p>	<p>Tanque de premezcla de Metóxido:</p> <p>Altura: 1.38 metros - (453 pies)            Diámetro: 0.70 metros - (2.30 pies)            Peso: 65 kilogramos. - (143 libras)</p>
<p>Caja de control de las bombas y filtros:</p> <p>Altura: 0.81 metros - (2.66 pies)            Anchura: 0.50 metros - (1.64 pies)            Longitud: 1.15 metros - (3.77 pies)            Peso: 125 kilogramos. - (276 libras)</p>	<p>Estructura metálica:</p> <p>Altura: 0.085 metros - (0.28 pies)            Anchura: 1.00 metros - (328 pies)            Longitud: 3.70 metros - (12.14 pies)            Peso: 224 kilogramos. - (494 libras)</p>

Fuente: [www.bioking.nl](http://www.bioking.nl) (2007)

### 1. Tanques para lavado.-

Capacidad de producción:

300 litros

Dimensiones:

Largo: 120 cm

Ancho: 80 cm

Alto: 153 cm

Peso: 100 kg

Fotografía 2: Tanque de lavada y decantación.



Fuente: [www.bioking.nl](http://www.bioking.nl) (2007)

Tabla 14: Insumos necesarios para la producción.

INSUMO	CONSUMO UNITARIO
Aceite vegetal	910 kg
Metanol	90 kg
Soda cáustica	9,2 kg
Agua de enfriamiento	17,7 m <sup>3</sup>
Vapor (4 kg/cm <sup>2</sup> )	310 kg
Energía eléctrica	44,25 kWh

Fuente: Internacional Red CYTED IV.E 2007

Como se observa en la tabla 14 el aceite vegetal es el componente más importante para la elaboración de biodiesel y el que más se necesita, mientras que de metanol se emplea un 10% de la cantidad utilizada de aceite y de sosa cáustica un 1%. Hay que recordar que la relación entre la cantidad producida de biodiesel es directamente proporcional con la cantidad de aceite empleado.

### **Tamaño del proyecto**

El reactor que se utilizará en el proceso de transesterificación tiene una capacidad de procesar 3170 galones por día como máximo. Este reactor tiene la capacidad para producir 1000 litros (265 galones) por lote de trabajo en aproximadamente 1,5 horas.

En este proyecto se plantea una producción máxima de 250.000 galones por año, con lo cual no se estará empleando el reactor a su máxima capacidad. Para lograr la producción planteada simplemente se realizarán tres lotes de trabajo que equivalen a un aproximado de 5 horas; es importante tener en cuenta que este tiempo significa exclusivamente las horas de procesamiento y no las de lavado y decantación. Para el proceso de lavado y decantación se emplearán tres de los tanques antes mencionados con la finalidad de agilitar el proceso.

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 e instalaciones para el personal

La planta de transesterificación comprende aparatos y componentes convencionales utilizados en la ingeniería química. Los envases utilizados para el almacenamiento del metanol deben ser completamente aislados y deben ser elaborados de un material resistente al deterioro. La sección de transesterificación (reactor principal) se encuentra dentro del edificio principal, con lo cual se mantienen las medidas más adecuadas para minimizar riesgos operacionales.

Para el almacenamiento de materias primas, así como también de productos finales o elaborados, se deberán ubicar sitios específicos dentro o fuera de la planta con las medidas necesarias para preservar la seguridad de los empleados.

La planta de procesamiento consta de un edificio (galpón) principal donde se encuentran localizados el reactor y la maquinaria para lavado y decantación, además de todos los barriles de almacenamiento del aceite, metanol y también de los sacos para el hidróxido de sodio. Adicionalmente, se ha previsto un edificio para servicio de empleados y administrativos. El patio principal consta de un área grande para descarga y carga de productos.

Todos 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 venderá a empresas de cosmética sin purificar. 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 sin ningún tipo de residuo final.

La localización de la planta será en la zona de Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. La localización se determinó por su cercanía a las grandes extractoras de aceite de palma africana, que es el principal producto necesario para la elaboración del biodiesel. En la zona de Santo Domingo prevalece una temperatura que varía entre los 18 a 25°C y su altitud es de 550 metros sobre el nivel del mar. El nivel de precipitación es de 1100 a 1700 milímetros anuales.



**Normas de seguridad:**

Para controlar la planta, conseguir la máxima seguridad y uniformizar la calidad del producto final, el procedimiento será controlado automáticamente. La visualización del proceso mediante un sistema informático permite el monitoreo y la intervención, si es necesario, de manera manual.

Otra de las características de estas instalaciones es el manejo de productos de gran riesgo, por lo que las normas de seguridad son muy estrictas. Por ejemplo, uno de los procedimientos si se produce algún tipo de fuga y el nivel de metanol en el aire supera el 10%, es la activación de un sistema de extracción que vacía la planta de aire y detiene el funcionamiento de las máquinas hasta que el problema se solucione.

Además, todo el personal de la fábrica deberá utilizar un equipo de seguridad que comprende: gafas de seguridad, dos tipos de guantes, mascarilla y mandil o delantal industrial.

Fotografía 3: Equipo de seguridad para empleados.



Fuente: [www.homebiodieselkits.com](http://www.homebiodieselkits.com) (2007)

**Análisis financiero:****Inversión inicial.**

Tabla 15: Inversión inicial para el proyecto en Ecuador

	<b>Costo Final</b>
<b>Terreno (1/2 hectáreas)</b>	<b>\$1800</b>
Santo Domingo / 5000m <sup>2</sup>	\$1800
<b>Obra física</b>	<b>\$25,100</b>
Edificio de la Planta procesadora con tanques de almacenamiento (100m <sup>2</sup> )	\$14,000
Bodega (50m <sup>2</sup> )	\$1,100
Oficinas, vivienda, comedor, parqueaderos (100m <sup>2</sup> )	\$10,000
<b>Equipos</b>	<b>\$36,552</b>
Reactor y tanque de premezcla	\$30,712
3 Tanques de limpieza y decantación	\$4,205
Barriles de almacenamiento (4 barriles)	\$660
Bomba de mano (2 bombas)	\$300
Kit de seguridad de personal (5 kits)	\$250
Bandas de precalentamiento (1 banda)	\$295
Kit de laboratorio	\$130
<b>Inversión de capital de trabajo inicial (6 primeros meses)</b>	<b>\$124,976</b>
<b>Total</b>	<b>\$188,428</b>
<b>Préstamo (66% del total)</b>	<b>\$124,362</b>
<b>Aporte propio del 34%</b>	<b>\$64,065</b>

En la tabla 15 se detallan los gastos para la inversión inicial del proyecto, se montará la planta industrial de procesamiento en un terreno de 5000 metros cuadrados en la zona de Santo Domingo de los Colorados. El edificio principal es de 250 metros cuadrados incluye instalaciones eléctricas, de agua y tuberías de vapor, a más de los tanques para el almacenamiento del aceite y el metanol. Adjunto a la planta, se pueden encontrar las oficinas para el personal administrativo y también un comedor para todo el personal. Además, se tiene una bodega donde se almacenarán ciertos insumos y maquinarias. Se puede ver claramente

que el gasto en el edificio de la planta de procesamiento es el costo más alto para la inversión física inicial, ya que el reactor y los tanques para decantación no significan un costo tan elevado. Hay que tener en cuenta que el capital de trabajo inicial, es decir los insumos y mano de obra para los primeros 6 meses de trabajo significan un costo altísimo, pero éste se verá descontado en la utilidad del primer año ya que generará ingresos. Para montar el proyecto se espera obtener un préstamo por el 66% del monto total de la inversión inicial, el mismo que será amortizado a cuatro años plazo con los respectivos intereses, en cuotas semestrales.

Tabla 16: Depreciación de maquinaria e infraestructura

<i>Rubro</i>	<i>Valor Anual</i>
<i>Maquinaria inicial</i>	\$3,655
<i>Obra física inicial</i>	\$6,220
<b>Total</b>	<b>\$9,875</b>

La depreciación de la maquinaria y de la infraestructura es importante para calcular la utilidad neta de cada año. Los costos de maquinaria, como por ejemplo, del reactor y los tanques, sufren una depreciación anual del 10% de su valor, de la misma forma que las construcciones de la obra física, como son el edificio de la planta, las oficinas y bodega.

Los rubros señalados en la tabla 16 se deprecian a diez años con un valor anual que se repite durante el plazo marcado.

Tabla 17: Amortización gradual de la deuda.

1. Monto: \$124,362
2. Tasa de interés: 12% anual
3. Plazo: 4 años
4. Número de periodos: 8 (cuotas semestrales)

<b>Semestre</b>	<b>Cuota</b>	<b>Interés</b>	<b>Amortización</b>	<b>Saldo adeudado</b>
1	\$25,034	\$14,923	\$10,111	\$114,251
2	\$25,034	\$13,710	\$11,324	\$102,927
3	\$25,034	\$12,351	\$12,683	\$90,245
4	\$25,034	\$10,829	\$14,205	\$76,040
5	\$25,034	\$9,125	\$15,909	\$60,130
6	\$25,034	\$7,216	\$17,818	\$42,312
7	\$25,034	\$5,077	\$19,957	\$22,355
8	\$25,034	\$2,683	\$22,355	0

### Costos.

En las siguientes tablas se aprecia los insumos necesarios para cada uno de los años productivos del proyecto, cabe recalcar que los insumos son el costo mas alto de producción.

Tabla 18: Cantidades insumos año 1.

<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>
Aceite de palma africana	106,166 galones
Metanol industrial	42,837 kilogramos
Hidróxido de sodio	2,123 kilogramos

Tabla 19: Cantidades insumo año 2

<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>
Aceite de palma africana	123,627 galones
Metanol industrial	49,450 kilogramos
Hidróxido de sodio	2,472 kilogramos

Tabla 20: Cantidades insumo año 3

<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>
Aceite de palma africana	141,866 galones
Metanol industrial	56,746 kilogramos
Hidróxido de sodio	2,837 kilogramos

Tabla 21: Cantidades insumo año 4

<i>Insumo</i>	<i>Cantidad</i>
Aceite de palma africana	153,222 galones
Metanol industrial	61,288 kilogramos
Hidróxido de sodio	3,064 kilogramos

Tabla 22: Costos totales del proyecto

<b>Costos variables</b>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<u><i>Insumos</i></u>				
Aceite de palma africana (\$1.8/gal)	\$191,100	\$222,530	\$255,360	\$275,800
Metanol industrial (\$0.24/Kg) (Se necesita 0.40kg/gal biodiesel)	\$10,281	\$12,376	\$14,896	\$16,800
Hidroxido de sodio (\$20/kg) (Se necesita 0.02 kg/gal biodiesel)	\$42,000	\$47,600	\$53,200	\$56,000
<b>Total insumos</b>	\$243,381	\$282,506	\$323,456	\$348,600
<u><i>Mano de obra</i></u>				
4 empleados (\$640/mes)	\$9,945	\$10,939	\$12,032	\$13,235
<b>Total mano de obra</b>	\$9,945	\$10,939	\$12,032	\$13,235
<u><i>Serv. Generales de la planta</i></u>				
Agua (20m <sup>3</sup> /ton de biodiesel)	\$4,256	\$4,823	\$5,390	\$5,674
Electricidad (50kwh/ton de biodiesel)	\$2,315	\$2,623	\$2,932	\$3,087
<b>Total servicios de la planta</b>	\$6,571	\$7,446	\$8,322	\$8,761
<b>Total</b>	<b>\$259,897</b>	<b>\$300,891</b>	<b>\$343,810</b>	<b>\$370,596</b>

Dentro de los costos variables se incluye la materia prima, empezando por el aceite crudo de palma del cual se utilizaran en el primer año 106,166 galones, en el segundo año 123,621 galones, en el tercer año 141,866 galones y en el cuarto año 153,222 galones. El incremento es proporcional al aumento en la producción. Lo mismo sucede con los otros insumos como son

el metanol y el hidróxido de sodio. En el caso del metanol para el primer año se emplearán 42,837 kilogramos, para el segundo año 51,566 kilogramos, para el tercero 62,066 kilogramos y para el último año 70,000 kilogramos. De hidróxido de sodio en el primero año se necesitarán 2,100 kilogramos, en el segundo 2,380 kilogramos, en el tercero 2,660 kilogramos y en el último 2,800 kilogramos. Hay que destacar que el agua y la electricidad se incluyen como costos variables ya que la planta depende enteramente de estos servicios y el consumo de los mismos dependerá enteramente de la producción. En el caso del agua se necesitarán 17,7 metros cúbicos y de electricidad se necesitarán 44,25 kilowattios hora por cada 250 galones producidos de biodiesel.

Tabla 23: Costos fijos del proyecto

<b>Costos fijos</b>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<i>Serv. generales de oficina</i>				
Teléfono	\$1,128	\$1,164	\$1,201	\$1,239
Internet	\$600	\$619	\$638	\$658
Suministros oficina	\$564	\$582	\$600	\$619
<b>Total serv. generales</b>	<b>\$2,292</b>	<b>\$2,365</b>	<b>\$2,439</b>	<b>\$2,516</b>
<i>Serv. de Personal adicional</i>				
Almuerzos para 8 empleados (\$2/almuerzo)	\$4,320	\$4,458	\$4,600	\$4,747
1 Guardia de seguridad (\$400/mes)	\$5,200	\$5,366	\$5,537	\$5,714
<b>Total serv. personal</b>	<b>\$9,520</b>	<b>\$9,824</b>	<b>\$10,137</b>	<b>\$10,461</b>
<b>Total</b>	<b>\$11,812</b>	<b>\$12,189</b>	<b>\$12,576</b>	<b>\$12,977</b>

Los costos fijos del proyecto incluyen gastos de ciertos insumos para las oficinas, que permanecen constantes sin importar el aumento de la producción, además se incluyen gastos de seguridad y almuerzos para el personal.

De los nueve empleados 5 son operarios y 4 personal administrativo, sus sueldos están especificados en cada tabla correspondiente al costo que representan en el proyecto.

Tabla 24: Gastos administrativos

<b>Gastos adm y ventas</b>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Gerente general (\$1000/mes)	\$13,000	\$13,416	\$13,845	\$14,288
Secretaria (\$300/mes)	\$3,900	\$4,024	\$4,152	\$4,284
Tecnico (\$600/mes)	\$7,800	\$8,049	\$8,306	\$8,571
Especialista en comercio exterior (\$600/mes)	\$7,800	\$8,049	\$8,306	\$8,571
<b>Total</b>	<b>\$32,500</b>	<b>\$33,538</b>	<b>\$34,609</b>	<b>\$35,714</b>

La mano de obra directa tiene una incidencia poco significativa, ya que el módulo de 1.000 litros por día podría ser operado con una dotación por turno de un técnico (estimado a US \$500 mensuales) y un operario calificado para movimiento de materiales y servicios generales (estimado a US \$250 mensuales) + personal administrativo y de comercialización solo si se prevé abastecer a terceros y no emplear el biocombustible “tanqueras adentro”.



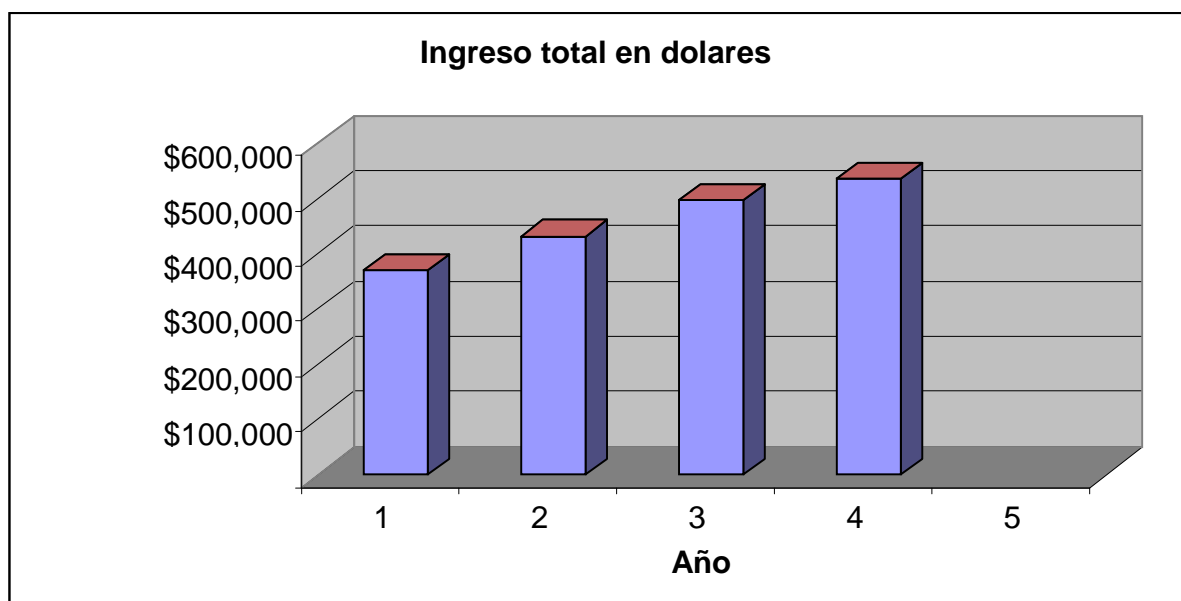
## Ingresos.

Los ingresos del proyecto se basan en las siguientes cantidades de biodiesel a ser procesadas en cada año, considerando un precio de venta de \$3.50 por galón.

Tabla 25: Ingreso anual a cuatro años según la producción.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
# galones producidos (\$3.50 c/u)	106,166	123,627	141,866	153,222
<b>Ingreso total</b>	<b>\$ 371,581</b>	<b>\$ 432,695</b>	<b>\$ 496,531</b>	<b>\$ 536,277</b>

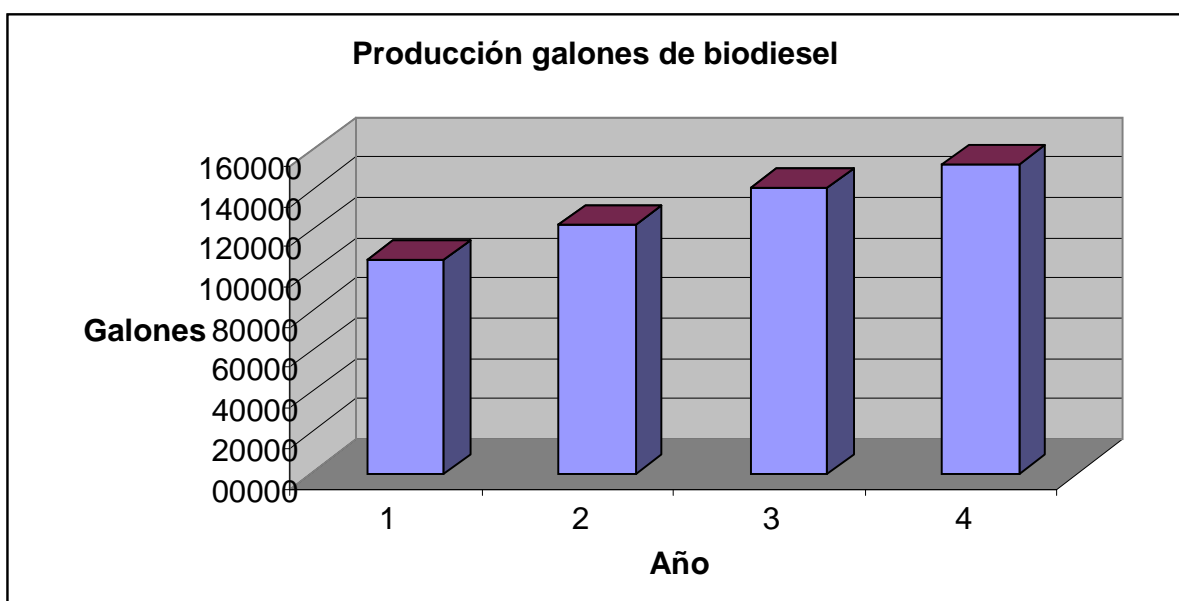
Gráfico 14: Ingreso en dólares por año.



Como se sabe que la relación entre el insumo (aceite) y el producto final (biodiesel) es directamente proporcional y de 1:1, esto es, la cantidad de galones obtenidos es igual a la de galones de insumo empleados. Se estima un precio de venta de \$3.50 por galón que no es tan

excesivo si se considera que el producto no será vendido directamente al consumidor final en países europeos o de Norteamérica, sino a una empresa nacional que se encargará de exportar. Como se mencionó en la ingeniería del proyecto, la planta de procesamiento tiene una capacidad máxima de producción de 250,000 galones por año. En el proyecto planteado a cuatro años no se llegará a la máxima capacidad instalada de la planta, por cuanto los costos iniciales de producción serian demasiado altos y el proyecto perdería su enfoque realista y ajustado a la economía ecuatoriana. Sin embargo, el costo de la maquinaria no es tan elevado y por esto se hace una inversión inicial para un reactor de capacidad mayor, la cual brinda la posibilidad de crecer en producción a largo plazo, según el desarrollo del mercado, junto con los costos de materias primas y una posible intervención del gobierno brindando apoyo financiero.

Grafico 15: Galones producidos anuales.



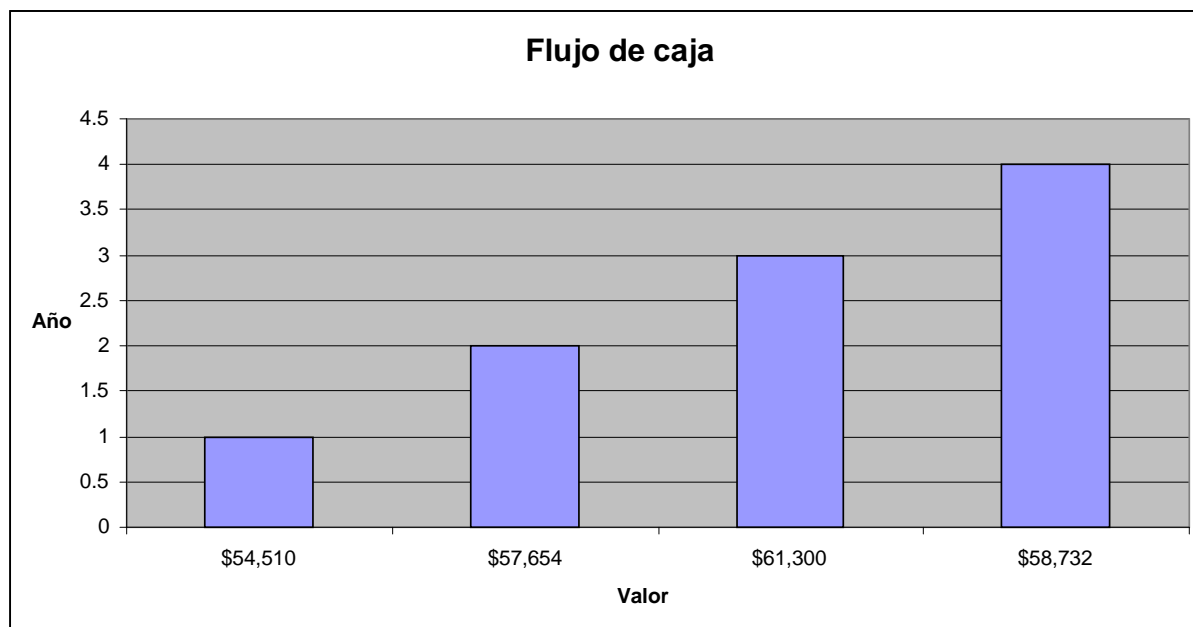
En la gráfica 16 se aprecia la tendencia clara del proyecto al alza anual en la producción, esto gracias a la capacidad de producción de la maquinaria a emplear que tiene un buen potencial para ir creciendo cada año.

**Flujo de caja:**

Tabla 26: Flujo de caja para cuatro años.

Año	0	1	2	3	4
<b>Ingresos</b>		\$371,581	\$432,695	\$496,531	\$536,277
<b>Costos variables</b>		\$253,326	\$293,445	\$335,488	\$361,835
<i>Insumos</i>		\$243,381	\$282,506	\$323,456	\$348,600
<i>Mano de obra</i>		\$9,945	\$10,939	\$12,032	\$13,235
<b>Costos fijos</b>		\$18,383	\$19,635	\$20,898	\$21,738
<i>Serv. generales de la planta</i>		\$8,863	\$9,811	\$10,761	\$11,277
<i>Serv. de personal adicional</i>		\$9,520	\$9,824	\$10,137	\$10,461
<b>Gastos adm y ventas</b>		\$32,500	\$33,538	\$34,609	\$35,714
<b>Interes prestamo</b>		\$20,208	\$14,263	\$9,031	\$4,427
<b>Depreciacion</b>		\$9,875	\$9,875	\$9,875	\$9,875
<b>Utilidad antes impuestos</b>		\$81,415	\$94,175	\$108,402	\$115,252
<b>Impuesto</b>		\$15,345	\$19,508	\$23,249	\$24,087
<b>Utilidad neta</b>		\$66,070	\$74,667	\$85,153	\$91,165
<b>Depreciacion</b>		\$9,875	\$9,875	\$9,875	\$9,875
<b>Inversion cap. trabajo Inicial</b>	\$224,528				
<b>Prestamo</b>	\$124,362				
<b>Amortizacion de la deuda</b>		\$21,435	\$26,888	\$33,728	\$42,308
<b>Flujo de caja</b>	\$100,166	\$54,510	\$57,654	\$61,300	\$58,732

Grafico 16: Flujo de caja anual.



Los flujos de caja, como se aprecia en el grafico 17, muestra una tendencia ascendente durante cada año. Cabe recalcar que si los gastos en materia prima aumentan, la producción aumentará en paralelo, brindando la estabilidad necesaria para que el proyecto mantenga o aumente su margen de utilidad.

La importancia de los flujos de caja anuales es su valor en los indicadores financieros del proyecto. Estos revelan la factibilidad del proyecto desde el ámbito financiero.

**Indicadores financieros del proyecto:**

<b>TIR</b>	44%
<b>VAN</b>	\$59,325
<b>Beneficio</b>	\$167,874
<b>R b/c</b>	1.68
<b>Punto de equilibrio</b>	\$102,127

La tasa interna de retorno del proyecto es del 44%, esto indica que si el dinero de la inversión inicial fuera colocado en un banco, el rendimiento financiero sería menor que el obtenido en el proyecto. Por otra parte, el valor presente neto calculado es de \$59,325 con una tasa de descuento del 14.13%.

La relación beneficio – costo del proyecto es de 1.68, con esto se puede entender que por cada dólar invertido en el proyecto se obtiene un retorno económico de \$0.68.

El punto de equilibrio del proyecto se presenta en los 29,179 galones y en el caso de ventas sería en los 102,127 dólares, cifras en las cuales el proyecto se mantendría sin pérdidas ni ganancias.

**Estado de pérdidas y ganancias:**

Concepto	Año			
	1	2	3	4
<b>Ingresos</b>	<b>\$371,581</b>	<b>\$432,695</b>	<b>\$496,531</b>	<b>\$536,277</b>
<b>Costos Variables</b>	<b>\$253,326</b>	<b>\$293,445</b>	<b>\$335,488</b>	<b>\$361,835</b>
<b>Costos fijos</b>	<b>\$18,383</b>	<b>\$19,635</b>	<b>\$20,898</b>	<b>\$21,738</b>
<b>Interés</b>	<b>\$20,208</b>	<b>\$14,263</b>	<b>\$9,031</b>	<b>\$4,427</b>
<b>Amortización</b>	<b>\$21,435</b>	<b>\$26,888</b>	<b>\$33,728</b>	<b>\$42,308</b>
<b>Depreciación</b>	<b>\$9,875</b>	<b>\$9,875</b>	<b>\$9,875</b>	<b>\$9,875</b>
<b>Total gastos</b>	<b>\$323,227</b>	<b>\$364,106</b>	<b>\$409,020</b>	<b>\$440,183</b>
<b>Rentabilidad antes de impuestos</b>	<b>\$81,415</b>	<b>\$94,175</b>	<b>\$108,402</b>	<b>\$115,252</b>
<b>Impuesto a la renta</b>	<b>\$15,345</b>	<b>\$19,508</b>	<b>\$23,249</b>	<b>\$24,087</b>
<b>Rentabilidad después de impuestos</b>	<b>\$66,070</b>	<b>\$74,667</b>	<b>\$85,153</b>	<b>\$91,165</b>

**Conclusiones:**

El biodiesel es un combustible sustituto del diesel de petróleo para cualquier tipo de motores, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales) y metanol. El biodiesel posee las mismas propiedades del petro diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibuses y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo. No es necesario efectuar ninguna modificación en los motores para poder emplear este combustible. El biodiesel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable. El biodiésel no es nocivo para la salud humana, ni para la vegetación o los animales y no daña monumentos y/o edificios. Por tal motivo su empleo es ventajoso frente al combustible diesel sobre todo para el transporte público en las grandes ciudades. Es seguro y fácil de transportar, es biodegradable y posee un punto de inflamación superior al del diesel petrolífero.

Aunque el petróleo todavía es un recurso abundante, llegará un día en que éste y sus derivados se agotarán. Por ello hora tras hora la figura del biodiesel se agranda, ganando cada vez más adeptos. Si bien todavía es un producto más caro que el petrodiesel, se debe poner en la balanza todos los beneficios conjuntos que aparejan el uso de los biocombustibles. Quizás el paso más seguro y económico sea la utilización de las mezclas con menor contenido de bio productos, o su uso como aditivos en pequeñas dosis, siendo éste el trampolín que multiplique el uso de los combustibles biológicos.

Es interesante, analizar que el biodiesel da la posibilidad al agro de sumar un nuevo rol: aparte de ser el proveedor de alimentos a la población y el sostén de la balanza comercial, tendrá la posibilidad de contribuir a mejorar el aire, al ser la futura fuente de insumos para la

producción de combustibles ecológicos provenientes de recursos renovables, cumpliendo así mismo con la creciente demanda mundial referida a la protección del medioambiente.

Analizando el plano de factibilidad del proyecto planteado, y después de haber considerado la parte financiera, técnica y comercial, es determinante que el biodiesel elaborado en Ecuador en una planta industrial con una capacidad de 250,000 galones por año constituye una inversión capaz de generar altas utilidades desde el primer año de su funcionamiento.

La inversión inicial en este proyecto es relativamente baja, la cual resulta atractiva para el apoyo de capital nacional o extranjero en el país. Así mismo la capacitación técnica del reducido personal no es mayor, con lo cual resulta más efectivo obtener un producto final de primera.

Algo digno de destacar es lo importante que resulta la materia prima (aceite de palma) para el desarrollo de esta industria, si por alguna razón el precio del aceite subiera, se tornaría muy complejo obtener márgenes de utilidad aceptables. Esto genera un alto riesgo para el sector industrial pero como se ha venido dando desde algunos años atrás el desarrollo en el cultivo de palma ha sido tan alto que ha generado una altísima oferta de la misma, con lo cual ayuda a compensar la alta demanda del mencionado aceite.

Por otro lado, como se analizó existen varios productos que pueden actuar como materias primas alternativas que brindan excelentes oportunidades para el desarrollo del biodiesel como una industria competitiva.

Finalmente, creo que el biodiesel se presenta en el Ecuador y en el mundo como una alternativa que beneficiará a todos, desde el medio ambiente, la salud de los ciudadanos, y la economía del país.



**Recomendaciones:**

1. Es recomendable invertir en maquinaria de primera que pueda brindar una operación óptima a la hora de procesar por largos periodos de tiempo.
2. Con respecto a la materia prima se recomienda escoger la que posea las características organolépticas óptimas para generar biodiesel.
3. Es recomendable la producción del biodiesel bajo los estándares de calidad exigidos por las especificaciones internacionales. Además, es importante el control de los microorganismos para evitar ataques y degradaciones del biodiesel durante el almacenaje y efectos negativos en el ciclo del carbono.
4. Es aconsejable crear laboratorios de control, con equipos analíticos que permitan acelerar los datos de presentación de calidad en los embarques al exterior. Las normas de calidad establecidas en países europeos deberán ser aplicadas en la elaboración en Ecuador.
5. Finalmente, el Gobierno Central debe apoyar este tipo de industria, brindando subsidios al aceite de palma o eliminando el pago de impuestos a la renta, y no al pago de impuestos para importación de maquinaria.

**Bibliografía:**

1. <http://usuarios.lycos.es/biodieseltr/hobbies11.html>
2. <http://www.eco2site.com/informes/biodiesel-m.asp>
3. [http://www.eco2site.com/topframe/fd.asp?tam1=75&tam2=\\* &scrup=entrevistas\\_topframe.htm&scrdown=../informes/biodiesel.asp](http://www.eco2site.com/topframe/fd.asp?tam1=75&tam2=* &scrup=entrevistas_topframe.htm&scrdown=../informes/biodiesel.asp)
4. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/Varios/combustible.htm>
5. [http://www.apbd.es/recibir.php?pag=4-3&pag\\_act=0-0](http://www.apbd.es/recibir.php?pag=4-3&pag_act=0-0)
6. [http://www.superban.gov.ec/downloads/articulos\\_financieros/sector%20palma%20africana.pdf](http://www.superban.gov.ec/downloads/articulos_financieros/sector%20palma%20africana.pdf)
7. <http://www.inversiones.gov.ar/documentos/biodiesel.pdf>
8. [http://www.petroasturias.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=12&Itemid=30](http://www.petroasturias.com/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=30)
9. <http://www.eere.energy.gov/cleancities/blends/pdfs/37136.pdf>
10. <http://www.biodiesel.org/resources/fuelfactsheets/default.shtm>
11. <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/40555.pdf>
12. <http://www.eia.doe.gov/emeu/plugs/plbiodsl.html>
13. <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/Varios/BIODIESEL.htm>
14. <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/machine/ae1240w.htm>
15. <http://www.ceride.gov.ar/servicios/comunica/biodiesel.htm>
16. <http://www.panoramaenergetico.com/archivo%20de%20combustibles%20ecologicos/nota%20principal%20biodiesel%20espanol.htm>
17. <http://www.homebiodieselkits.com/frfusp1.html>

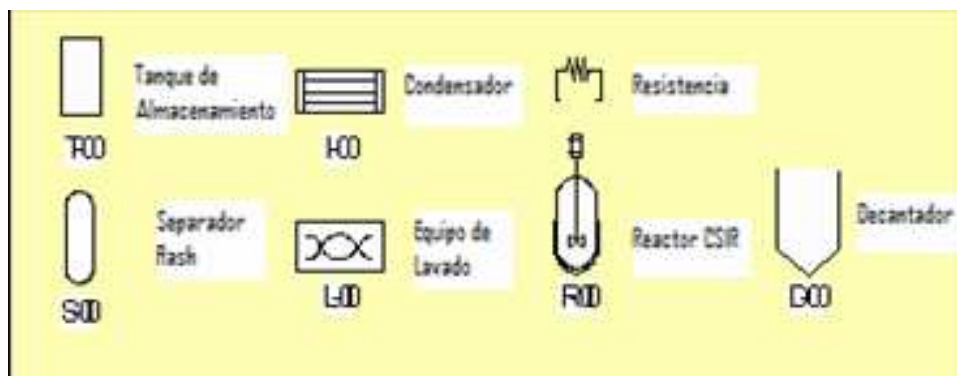
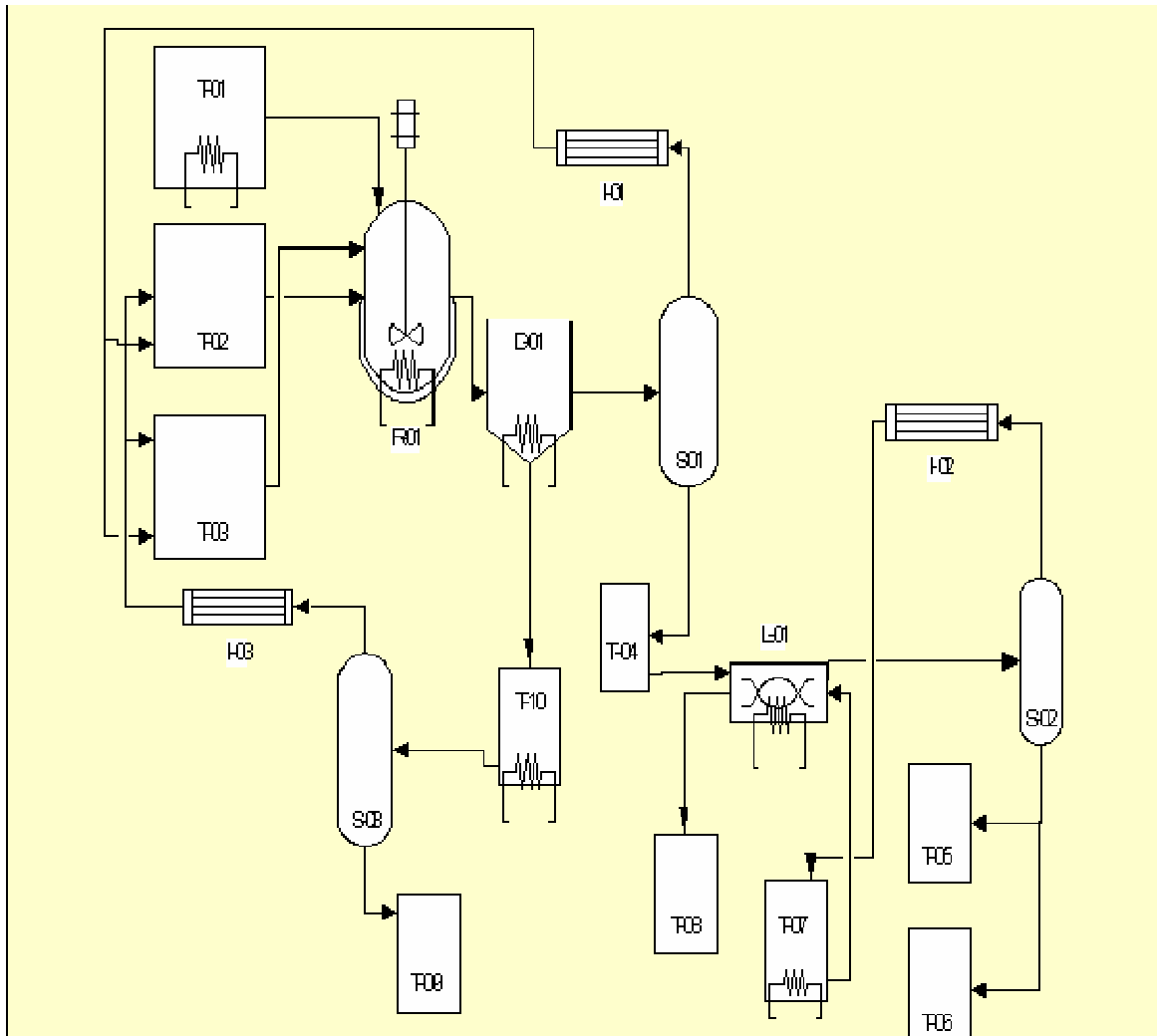
18. [http://agic.en.alibaba.com/product/50247920/50614391/energy\\_saving\\_plant/Small\\_Complete\\_Oil\\_Plant\\_for\\_Biodiesel.html](http://agic.en.alibaba.com/product/50247920/50614391/energy_saving_plant/Small_Complete_Oil_Plant_for_Biodiesel.html)
19. <http://www.utahbiodieselsupply.com/biodieselsamples.php>
20. [http://www.biodiesel-uruguay.com/noticias\\_de\\_biodiesel/biodiesel\\_elaboracion\\_artesanal\\_segun\\_alurralde629.php](http://www.biodiesel-uruguay.com/noticias_de_biodiesel/biodiesel_elaboracion_artesanal_segun_alurralde629.php)
21. <http://www.biodieseldelplata.com.ar/bdp.productos.plantas.php>
22. <http://www.bcr.com.ar>
23. [http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/tierra\\_tropical.php?id=389](http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/tierra_tropical.php?id=389)
24. <http://www.eluniverso.com/2006/07/09/0001/9/EBB2884270E44B8EAA3095892926385A.aspx>
25. [http://www.fedebiocombustibles.com/presentacion.ppt#266,25,Diapositiva\\_25](http://www.fedebiocombustibles.com/presentacion.ppt#266,25,Diapositiva_25)
26. [http://www.agronegocios.com.py/rural/agroindustria/agroindustria\\_biodiesel.html](http://www.agronegocios.com.py/rural/agroindustria/agroindustria_biodiesel.html)
27. [http://www.minagri.gob.cl/ministro/presentaciones/20061121\\_primer\\_congreso\\_biorrefinerias.pdf](http://www.minagri.gob.cl/ministro/presentaciones/20061121_primer_congreso_biorrefinerias.pdf)
28. [http://www.bcn.cl/carpeta\\_temas/temas\\_portada.2007-01-26.2084740943](http://www.bcn.cl/carpeta_temas/temas_portada.2007-01-26.2084740943)
29. <http://www.e-campo.com/?event=weeklyreport.display&id=830ECD3C-188B-7C0F-F2DAB94F4498E475&>
30. [http://www.adnmundo.com/contenidos/biocombustibles\\_newsletter\\_biodiesel\\_etanol\\_e\\_231006\\_1120.html](http://www.adnmundo.com/contenidos/biocombustibles_newsletter_biodiesel_etanol_e_231006_1120.html)
31. [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3252/es/contenidos/informacion/planta\\_biodiesel\\_puerto\\_bilbao/es\\_13530/adjuntos/10059-EsIA-memoria-resumen-GV.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3252/es/contenidos/informacion/planta_biodiesel_puerto_bilbao/es_13530/adjuntos/10059-EsIA-memoria-resumen-GV.pdf)

**Anexo:**

<b>Sumario narrativo</b>	<b>Indicadores objetivamente verificables</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos importantes</b>
Elaboración y exportación de biodiesel en el Ecuador.	Se determino el mejor método para la elaboración de biodiesel, partiendo del aceite crudo de palma.	Reportes anuales de producción y beneficio neto.	Existen condiciones y tendencia mundial por la búsqueda de combustibles renovables.
Determinar una estructura de procesos para la planta industrial de procesamiento de biodiesel.	Se determino el mejor sistema, mezcla y composición en la elaboración de biodiesel.	Registro de índices de producción y Calidad por mezcla y método empleado.	Se pueden aplicar tecnologías alternativas que existen en diferentes países que producen biodiesel.

DIAGRAMA DEL PROCESO

PLANTA PILOTO PARA PRODUCCION DE BODIESEL.



## **DATOS PERSONALES**

Carlos Alberto Sánchez Garcés

Ambato – Ecuador

7 de Marzo de 1984

Soltero

Urb. Vista Grande, calle 3, #138 Quito – Ecuador

[charlie319@hotmail.com](mailto:charlie319@hotmail.com)

[carlos\\_sanchez@panchonet.net](mailto:carlos_sanchez@panchonet.net)

(099845913) (2898580)



## **ÁREAS DE INTERÉS PROFESIONAL**

Agricultura, Administración de Empresas, Marketing, Ventas, Calidad, Negocios.

## **EXPERIENCIA PROFESIONAL**

- Centro de Desarrollo Infantil “Los Retoños”, Enero – Agosto 2004, Practicas en la Comunidad – Ayuda Social.
- USFQ, Asistente de Cátedra, Enero – Junio 2005, Fisiología Vegetal, Manejo Integrado de Plagas, Protección Vegetal.
- Ecuandros S.A., Junio – Julio 2005, Pasantia en áreas de cultivo, poscosecha, calidad, comercialización.
- Andean Organics S.A., Mayo – Junio 2006, Pasantia en áreas de cultivo, poscosecha y comercialización.
- Ecuandros S.A., Mayo 2007, Ejecutivo de ventas.

## **PREPARACION ACADEMICA**

- Colegio Particular Bilingüe Martim Cerere, Julio 2002.
- EF Internacional Language School of Boston, Julio 2006.

- Universidad San Francisco de Quito, Ingeniería de Agroempresas, Mayo 2007.

### **OTROS ESTUDIOS**

- Seminario-Taller: “La Biotecnología en el Ecuador: Estado actual y Perspectivas Futuras”, 26-28, Abril 2006
- EF Internacional English School in Boston, Junio – Julio 2006.

### **PROGRAMAS DE COMPUTACION**

- Procesador de Palabra
- Hoja Electrónica
- Base de Datos
- Presentaciones
- Proyectos
- Internet
- Edición de Imágenes
- Fotografía Digital.

### **IDIOMAS**

- Ingles (avanzado)
- Italiano (básico)