



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS
INTERNACIONALES BILINGÜE**

TEMA:

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE ACEITE VEGETAL PARA
LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN EL ECUADOR.**

AUTORES:

**NADIA ALARCÓN CABEZAS
ROBERTO GUAYAQUIL FAYTONG**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JOSÉ ÁNGEL AVADI

GUAYAQUIL, JULIO 2011

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme fe y sabiduría en todos los aspectos de mi vida, a mis padres por haberme ayudado a imponerme metas y cumplirlas, a mis tres hermanos por su apoyo incondicional y a mi compañero de tesis quién con su entrega e interés hizo posible lograr esta meta.

Nadia Alarcón Cabezas

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres por darme las fuerzas necesarias para vencer obstáculos, a Dios por iluminar mis días y guiarme por el buen camino y a mi compañera de tesis por todo el esfuerzo y motivación que aportó para la culminación de este proyecto.

Roberto Guayaquil Faytong

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por su comprensión, apoyo y confianza brindado a mí y a mis hermanos, motivándonos a cumplir todas y cada una de nuestras metas, formándonos como personas de bien.

Nadia Alarcón Cabezas

Este proyecto está dedicado a mi familia por todo el amor y confianza que me han sabido brindar, y por estar siempre a mi lado ayudándome con todos los recursos necesarios para poder desarrollarme profesionalmente, concluir mi carrera universitaria, y por ende, este trabajo de tesis.

Roberto Guayaquil Faytong

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Justificación	12
1.2 Objetivo.....	13
1.2.1 Objetivo general.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 Marco conceptual.....	14
II. BIODIESEL.....	16
2.1 Definición	16
2.2 Antecedentes	16
2.3 Materia prima	18
2.4 Proceso químico de producción.....	19
2.4.1 Proceso Discontinuo	21
2.4.2 Proceso Continuo	23
2.5 Seguridades en la planta	23
2.6 Ventajas y desventajas	25
2.7 Reducción de emisiones contaminantes.....	26
2.8 Diesel vs. Biodiesel.....	27
2.9 Proceso de mezcla del biodiesel con el petrodiesel.....	28
2.10 Perspectiva mundial.....	29
2.10.1 Especificaciones y estándares.....	30
IV. IMPACTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	32
4.1 Impacto social	32
4.2 Impacto económico.....	33
4.3 Impacto ambiental.....	35
V. DESARROLLO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL ECUADOR.....	37
5.1 Situación del biodiesel	37

5.2 Análisis de materia prima de origen vegetal	37
5.2.1 Palma africana	37
5.2.1.1 Taxonomía	38
5.2.1.2 Producción	39
5.2.1.3 Disponibilidad.....	40
5.2.1.4 Precios	41
5.2.1.5 Rendimiento.....	42
5.2.1.6 Impacto en la industria alimenticia	42
5.2.1.7 Impacto ambiental.....	43
5.2.2 <i>Jatropha Curcas</i>	43
5.2.2.1 Taxonomía	44
5.2.2.2 Producción	44
5.2.2.3 Disponibilidad.....	45
5.2.2.4 Precios	45
5.2.2.5 Rendimiento.....	45
5.2.2.6 Impacto en la Industria Alimenticia	46
5.2.2.7 Impacto Ambiental	46
5.2.3 <i>Recinus Communis</i>	46
5.2.3.1 Taxonomía	47
5.2.3.2 Producción	48
5.2.3.3 Disponibilidad.....	48
5.2.3.4 Precios	48
5.2.3.5 Rendimiento.....	48
5.2.3.6 Impacto en la Industria Alimenticia	49
5.2.3.7 Impacto Ambiental	49
5.2.4 Soya.....	49

5.2.4.1 Taxonomía.....	49
5.2.4.2 Producción.....	50
5.2.4.3 Disponibilidad.....	50
5.2.4.4 Precios.....	51
5.2.4.5 Rendimiento.....	51
5.2.4.6 Impacto en la industria alimenticia.....	51
5.2.4.7 Impacto ambiental.....	52
5.3 Elección de materia prima.....	52
5.4 Tecnologías existentes para la producción de biodiesel en el Ecuador	53
5.5 Fuentes de financiamiento.....	55
5.5.1 Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC).....	55
5.5.2 Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).....	57
5.5.3 Corporación Financiera Nacional (CFN).....	58
VI. MARCO LEGAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL ECUADOR ..	60
6.1 Normativa legal.....	60
VII. ANALISIS FODA	66
7.1 Fortalezas.....	66
7.2 Oportunidades.....	66
7.3 Debilidades.....	67
7.4 Amenazas.....	67
VIII. ESTUDIO ECONÓMICO	69
8.1 Inversiones.....	69
8.2 Balance Inicial.....	71
8.3 Capital de trabajo.....	71
8.4 Financiamiento.....	71

8.4.1 Capital Propio	72
8.4.2 Crédito	72
8.5 Presupuesto de costos y ventas	72
8.5.1 Costos de Producción.....	72
8.5.2 Ventas.....	73
8.5.3 Justificación de precio.....	74
8.6 Depreciación	74
8.7 Flujo de caja.....	75
8.7.1 Análisis de la Tasa interna de retorno.....	76
8.7.2 Análisis del Valor actual neto	76
8.8 Estado de Pérdida y Ganancia	77
8.9 Balance General	77
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
9.1 Conclusiones	78
9.2 Recomendaciones	78
GLOSARIO DE TÉRMINOS	80
BIBLIOGRAFIA.....	84
ANEXOS.....	87
ANEXOS DE TABLAS	87
Tabla 1. Comparación físico-química del biodiesel y el diesel.....	87
Tabla 2. Proyección de mayores exportadores e importadores de biodiesel 2011 – 2019 (Millones de litros).....	87
Tabla 3. Parámetros y especificaciones de calidad	88
Tabla 4. Área de palma africana sembrada por bloque	89
Tabla 5. Áreas (ha) sembradas por provincias	90
Tabla 6. Producción, consumo y excedente del aceite de palma africana	90

Tabla 7. Precios referenciales nacionales promedio de palma africana (2000 – 2009).....	91
Tabla 8. Rendimiento de biodiesel de cultivos oleaginosos.....	91
Tabla 9. Disponibilidad de piñón en cercas vivas de Manabí	91
Tabla 10. Estadísticas de Soya en el Ecuador (2009)	92
Tabla 11. Matriz de Vester	92
Tabla 12. Cuadro comparativo entre los cultivos oleaginosos	93
Tabla 13. Inversión inicial	94
Tabla 14. Balance inicial	96
Tabla 15. Amortización	97
Tabla 16. Mano de obra directa	102
Tabla 17. Carga fabril	103
Tabla 18. Costo y precio del biodiesel producido en la planta	104
Tabla 19. Presupuesto de ventas mensuales del primer año	105
Tabla 20. Porcentaje de producción al año 10 sobre capacidad instalada	105
Tabla 21. Precio de B10 en las gasolineras.....	106
Tabla 22. Depreciación	106
Tabla 23. Flujo de caja.....	107
Tabla 24. Estado de resultados	108
Tabla 25. Balance general	109
ANEXO DE GRÁFICOS.....	110
Gráfico 1. Cuadro comparativo entre producción, consumo y excedente nacional de aceite crudo de palma 2000 – 2009 (TM)	110
Gráfico 2. Gráfico resultado de la Matriz de Vester	110
Gráfico 3. Peso de los materiales directos.....	111
Gráfico 4. Peso de los costos directos de producción	111
Gráfico 5. Flujos de caja anual.....	112

Gráfico 6. Porcentaje de utilidad sobre ingresos.....	112
ANEXO DE FIGURAS	113
Figura 1. Etapas de la transesterificación	113
Figura 2. Estequiometría de la reacción de transesterificación.....	114
Figura 3. Proceso discontinuo para la producción de biodiesel	114
Figura 4. Muestra de la separación de la glicerina y el biodiesel.....	115
Figura 5. Proceso continuo para la producción de biodiesel.....	116
Figura 6. Palma Africana	116
Figura 7. <i>Jatropha Curcas</i>	117
Figura 8. <i>Ricinus Communis</i>	117
Figura 9. Reactor de transesterificación en la ESPOL.....	118
Figura 10. Reactor de CentralBiodiesel HTP, Inc en la PUCEI.....	118
Figura 11. Reactor de G-TEK en la PUCEI.....	119

Resumen Ejecutivo

El biodiesel es un combustible elaborado con materias primas renovables como el aceite de cultivos de plantas oleaginosas. El primer motor a diesel fue fabricado para funcionar con aceite vegetal, pero debido a sus altos costos de producción y al *boom* del petróleo, la popularidad del biocombustible decayó. En la actualidad, existe una fuerte tendencia a nivel mundial orientada a utilizar biocombustibles, especialmente por los problemas medioambientales y los altos precios del petróleo.

Este proyecto tiene como finalidad identificar las posibles fuentes de aceite vegetal para la producción de biodiesel en el Ecuador, establecer los requerimientos en máquinas, equipos, materia prima e insumos necesarios para una producción a pequeña escala, y determinar su viabilidad y factibilidad.

El Ecuador, debido a su extensa biodiversidad presenta varias alternativas de materia prima como la Palma Africana, *Jatropha Curcas*, *Recinus Communis* y Soya. Estas plantas oleaginosas son analizadas bajo los parámetros de producción actual, disponibilidad, precio, rendimiento, impacto en la industria alimenticia e impacto ambiental. Para identificar cuál de estos parámetros influye más en la elección de la materia prima se utilizó la Matriz de Vester, y como resultado se obtuvo que la alternativa más viable por el momento es la palma africana.

Con respecto a la tecnología, sí existe la necesaria para la producción de biodiesel a pequeña y gran escala, que cumple con los estándares internacionales. Entre las instituciones con el mayor avance en esta área están La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y La Fabril con diseños y construcción de sus propios reactores. Además, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI) importó dos tipos de reactores para una elaboración de biodiesel a pequeña escala.

El financiamiento para este tipo de proyectos se lo puede obtener de diferentes instituciones tales como, la Corporación Financiera Nacional

(CFN), el Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC) y la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) que fomentan el emprendimiento de proyectos productivos e innovadores.

La planta piloto de producción de biodiesel presentada en este proyecto será una microempresa del sector primario llamada "Oleadiesel S.A." Estará ubicada en la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, y contará con una superficie de 300 m² donde se instalarán todos los equipos y maquinaria necesaria para los diferentes procesos que se llevarán a cabo. La producción inicial representará un porcentaje menor a la capacidad instalada total debido a que se considerará un porcentaje de crecimiento promedio de 4 % anual, con una proyección de 10 años.

Adicionalmente, se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) que indica que la mayor ventaja que posee la planta productora de biodiesel es su ubicación, ya que el establecimiento será ubicado cerca de las gasolineras que abastecen de combustible a la ciudad. No obstante, la principal amenaza con la que lidiará la planta, es el subsidio que se le da al petrodiesel que genera una diferencia significativa en el precio de ambos productos. Es por esto que en el desarrollo de la industria se contempla la posibilidad de recibir apoyo del estado. El impulso en esta industria en el país traería consigo muchos beneficios como la generación de empleo, desarrollo de tecnología y un desarrollo sustentable al sector agrícola (sector de la economía que produce materias primas de origen vegetal).

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂)¹ a partir del diesel y demás combustibles fósiles han traído consigo a través de los años, enfermedades y problemas medioambientales, como ejemplo, los drásticos cambios en la temperatura que ocurren no solo en Ecuador, sino en el resto del mundo. Los países en vías de desarrollo son los más afectados cuando ocurren desastres naturales (tormentas, inundaciones y sequías) y por esto, todo esfuerzo para contrarrestar el cambio climático será altamente beneficioso para la biodiversidad y la vida humana. Por esta razón, se han realizado varias investigaciones sobre energías alternativas como biodiesel, bioetanol y biogás, especialmente en Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea.

Por otro lado, el mercado del petróleo —denominado “oro negro” — se ve muy influenciado por diferencias políticas, guerras e intereses personales que originan fluctuaciones en el precio, afectando al Ecuador y a todos los países del tercer mundo dependientes del petróleo.

Actualmente, en el Ecuador el consumo energético se basa principalmente en la utilización de combustibles fósiles que —en su mayor parte— son importados. En el mes de junio del 2010 se importó alrededor de 553 434 miles de litros (Banco Central del Ecuador, 2010), cantidad superior a la del mismo mes del 2009. Las importaciones de derivados del petróleo son necesarias debido a que la producción nacional no abastece la demanda local.

¹ Es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra). Sus moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono.

El Ecuador, al ser país agrícola con una extensa biodiversidad y recursos, posee un gran potencial para el desarrollo de la industria de biocombustibles, como la del biodiesel. Sin embargo, en el país no existen muchos estudios que se hayan llevado a cabo hasta su finalización para el desarrollo de la industria a gran escala. Por tal motivo, la producción de biodiesel se presenta como una idea innovadora.

El biodiesel puede ser utilizado en los motores a diesel mezclado o puro sin ninguna o mínimas modificaciones. Asimismo, las emisiones de CO₂ del biodiesel derivado de aceite vegetal son menores aproximadamente en un 80 % (Marquez, 2005) comparado con las emisiones del diesel obtenido de la destilación del petróleo, contribución importante para contrarrestar el impacto ambiental. Además, al ser quemado devuelve a la atmósfera CO₂ que la planta tomó del aire anteriormente.

Del mismo modo, la producción de biodiesel ayudaría al país en términos económicos por medio de la creación de empleos, reducción en las importaciones de combustibles e impacto por las variaciones del precio del petróleo, además habría apoyo para un desarrollo sustentable del sector agrícola.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo general

Realizar un análisis de las alternativas de aceite vegetal más destacadas para la producción de biodiesel en el Ecuador y determinar la más viable.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el tipo de materia prima más viable para la producción de biodiesel en el Ecuador.
- Destacar la importancia del biodiesel como combustible alternativo.

- Describir la situación actual de biodiesel en el Ecuador y en el mundo.
- Evaluar la factibilidad técnica de la producción de biodiesel.
- Evaluar financieramente la factibilidad del proyecto.

1.3 Marco conceptual

Se entiende por medio ambiente al entorno que afecta y condiciona las circunstancias de vida de las personas, animales y plantas. A través de los años, los seres humanos han contribuido al deterioro del medio ambiente con la deforestación, desechos tóxicos y Gases de Efecto de Invernadero (GEI)² que generan las actividades industriales y de transporte. Al mismo tiempo, la industria petrolera, desde el proceso de explotación hasta el uso de los derivados genera contaminación. Día a día se ven nuevas noticias acerca de cómo se afectan en forma negativa los ecosistemas, incluso con predicciones acerca del fin de la humanidad a causa de las inundaciones, ciclones, tsunamis, tornados, deshielos, sequías y demás desastres, que en éstos tiempos se ven con tanta frecuencia. Adicionalmente, se prevé que la producción mundial de petróleo alcanzará un máximo entre el 2010 y el 2011 con 92 millones de barriles al día y luego empezará a decaer en el 2015 (Robinson, 2010).

Todos los problemas medioambientales antes mencionados han afectado drásticamente la vida en la Tierra, que ha llevado a buscar posibles soluciones para disminuir su efecto. Una alternativa económica y ecológica con alto potencial es el desarrollo de energías renovables como los biocombustibles que ayudan a reducir la contaminación atmosférica. En la actualidad, el tema ha tomado mayor impulso por la preocupación de gran parte de las sociedades alrededor del mundo, basada en la necesidad de empezar a utilizar fuentes energéticas alternativas que

² Son gases que contribuyen al efecto de invernadero, es decir, se crea una banda de gases alrededor de la Tierra que impiden que la radiación solar se refleje de vuelta al espacio.

permitan a la producción y población mantener su crecimiento. Por otro lado, existe gran incertidumbre por varios factores como las fluctuaciones del precio del petróleo, producto que, a través de la historia, ha generado guerras, diferencias políticas e intereses personales.

Afortunadamente, se ha comenzado a promover nuevos mecanismos orientados a encontrar soluciones alternativas. Una opción de biocombustible viable es la producción del biodiesel que es elaborado a partir de grasas y aceites vegetales y animales. Se puede utilizar en motores diesel sin realizar mayores modificaciones; además, la materia prima que se utiliza para la fabricación es una gran oportunidad para los países agrícolas como fuente de trabajo, ingresos e incluso para países con poblaciones en zonas rurales que no tienen acceso a energía eléctrica, debido a la dificultad y el elevado costo de la ampliación de la red de distribución eléctrica.

En el presente trabajo se tocará la temática del uso de biodiesel como energía alternativa a los combustibles fósiles a partir de las diferentes materias prima de mayor disponibilidad en el país. El Ecuador es uno de los lugares más biodiversos y posee todos los recursos necesarios para una producción continua y sustentable de biodiesel.

II. BIODIESEL

2.1 Definición

El biodiesel, también conocido como metilester de ácidos grasos, es un tipo de biocombustible proveniente de lípidos naturales tales como los aceites vegetales o grasas animales.

El proceso comúnmente utilizado para la producción de biodiesel es el proceso de transesterificación, que se basa en una reacción química entre el aceite vegetal o grasa animal con el metanol en presencia de un catalizador como el hidróxido de potasio (KOH)³ o hidróxido de sodio (NaOH)⁴. El resultado del proceso es el biodiesel como producto principal y la glicerina como un subproducto. La glicerina es producto químico que se lo utiliza principalmente para la producción de cosméticos, medicinas, entre otros.

El biodiesel se presenta como un sustituto total o parcial del petrodiesel. Para identificar los distintos volúmenes de mezcla se utilizan notaciones abreviadas, por ejemplo, B20 se denomina a una mezcla de 20 % de biodiesel y 80 % de petrodiesel, y en el caso de que se utilice como un sustituto total la denominación es B100.

2.2 Antecedentes

El proceso para la fabricación de combustible a partir biomasa utilizada en el año 1800 es básicamente de la misma fuente que se usa hoy en día. La historia del biodiesel es más política y económica que tecnológica. Durante el siglo XX ya se había introducido la gasolina como fuente de alimento para los motores, el cual era visto como un excelente combustible para motores a diesel y mucho más barato que los aceites vegetales.

³ También conocida como potasa cáustica

⁴ También conocido como sosa cáustica o soda cáustica

Por otro lado, el agotamiento de los recursos ha sido siempre una preocupación con respecto al petróleo y los agricultores siempre han buscado nuevos mercados para sus productos. En consecuencia, se ha trabajado sobre el uso de aceites vegetales como combustible, aunque la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales no es un proceso nuevo en el mundo. La modificación de aceites vegetales o grasas animales en biodiesel es conocido como transesterificación llevado a cabo por primera vez en 1853 por los científicos Duffy and Patrick antes de la aparición del primer motor a diesel.

La existencia para el motor de diesel se inició en 1893, cuando el famoso inventor alemán Dr. Rudolph Diesel publicó un documento titulado "*The theory and construction of a rational heat engine*", el que habla sobre un motor revolucionario de aire en el que se comprime mediante un pistón a una presión muy alta, causando por una temperatura elevada, la ignición. Además, el Dr. Diesel diseñó el primer motor a diesel para funcionar con aceite vegetal.

El Dr. Diesel usó aceite de maní en uno de sus motores en 1900, pero en la Feria Mundial realizada nuevamente en Paris en 1911, fue que declaró que los motores a diesel pueden utilizar cualquier tipo de aceite vegetal y que a su vez ayudaría considerablemente el desarrollo de la agricultura en los países que lo utilizarán. Uno de los primeros usos del biocombustible fue en los vehículos pesados en el sur de África antes de la Segunda Guerra Mundial. Los aceites vegetales fueron utilizados en los motores solo hasta 1920, cuando los fabricantes de motores a diesel alteraron sus motores para utilizar la menor viscosidad del diesel convencional, en lugar de aceite vegetal. De todas maneras, las preocupaciones sobre el suministro energético de la década de 1970 renovó el interés en el biodiesel, pero su producción comercial no empezó hasta finales del año 1990.

Desde 1980, plantas procesadoras de biodiesel han sido abiertas en algunos países europeos. Incluso en muchas ciudades ya desde antes se usaba biodiesel puro o en mezclas con el diesel para los buses de transporte urbano. Recientemente, Renault y Peugeot han aprobado el uso de biodiesel en algunos motores de sus carros pesados. Además, en 1991, la Comunidad Europea propuso una deducción fiscal para el uso de biocombustibles, incluido el biodiesel.

El Dr. Diesel siempre creyó que los aceites vegetales tenían potencial para ser utilizados en los motores a diesel y que algún día estos aceites iban a ser tan importantes como los combustibles derivados del petróleo.

2.3 Materia prima

La producción de biodiesel tiende a provenir mayormente de los aceites vegetales convencionales, especialmente aceite de girasol y colza utilizados en Europa, la soya en Estados Unidos, el coco en las Islas Filipinas y la palma africana en Malasia. Sin embargo, debido al alto impacto económico e influencia en el mercado alimenticio, se ha comenzado a recurrir a tipos de aceites vegetales no convencionales tales como el piñón (*Jatropha Curcas*) y la higuierilla (*Ricinus Communis*), que al ser plantas silvestres y no comestibles se presentan como una gran alternativa para sustituir a los aceites vegetales convencionales.

Por otro lado, el aceite de fritura usado, las grasas animales y las algas se las consideran como fuentes de materia prima viables para la producción de biodiesel. Las algas pueden crecer prácticamente en cualquier lugar que haya bastante sol y la característica más significativa del aceite de algas es su rendimiento. Según algunas estimaciones, el rendimiento por hectárea del aceite de algas es 200 (Demirban, 2008) veces mayor que el mejor desempeño y/o rendimiento de cualquier tipo de planta productora de aceite vegetal.

Todos los países con el objetivo de ingresar al mercado del biodiesel, deben considerar diversos factores que influyen en la elección de materia prima que se debe utilizar para la producción. Entre estos factores, están la ubicación geográfica, disponibilidad, capacidad y nivel de producción, impacto económico e impacto en la industria alimenticia. Además, uno de los retos más significativos para cualquier país es el de optimizar los procesos de obtención de la materia prima para obtener un biodiesel a bajo costo y competitivo, siempre y cuando se cumpla con los estándares y especificaciones internacionales de calidad.

2.4 Proceso químico de producción

De los diferentes métodos disponibles para la producción de biodiesel, la transesterificación de grasas y aceites naturales es actualmente el método de elección más común, cuyo propósito es disminuir la viscosidad del aceite o grasa. La transesterificación es la reacción de los triglicéridos del aceite con alcohol para formar ésteres y glicerol (Silva, Paul, San Gil, & Rosane, 2010). Usualmente se utiliza un catalizador para mejorar y aumentar la velocidad de la reacción. Aparte, debido a que esta reacción es irreversible, se utiliza un exceso de alcohol para desplazar el equilibrio hacia el lado del producto (Arbelaez Marín & Rivera Quiroz, 2007).

Para el proceso de transesterificación es posible utilizar diferentes alcoholes, como el metanol, etanol o butanol; de igual manera existen diferentes catalizadores que pueden aplicarse como NaOH, KOH, ácido sulfúrico (H₂SO₄)⁵, fluidos superficiales y lipasas (Biodisol, 2008).

La transesterificación consiste en tres reacciones consecutivas (Biodisol, 2008); los triglicéridos se convierten primeramente a di glicéridos, que posteriormente se reducen a mono glicéridos, y que finalmente son reducidos a los ésteres de ácidos grasos (ver figura 1). Los principales factores que afectan la transesterificación son la relación molar de

⁵ Compuesto químico corrosivo

glicéridos al alcohol, los catalizadores, la temperatura y el tiempo de la reacción, los ácidos grasos libres y contenido de agua en los aceites y grasas. La elección de tipo de materia prima a utilizarse en la producción de biodiesel es un aspecto importante del proceso de decisión debido a que el costo de los aceites o grasas afecta directamente el costo de biodiesel hasta un 80 % (Demirban, 2008).

Las tecnologías que existen en la actualidad se pueden combinar de diferentes maneras variando las condiciones del proceso y su alimentación de materia prima. La elección de tecnología dependerá de la cantidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del catalizador.

La reacción química de la transesterificación tiene diferentes variables que afectan su rendimiento, como son:

- **Acidez y humedad:** El contenido de humedad y de ácidos grasos son dos parámetros importantes que determinan si es viable o no la realización del proceso de transesterificación del aceite vegetal. Para lograr completar la reacción se necesita un valor de ácidos grasos libres menor al 3 % (Belen, 2009). La mayor parte del biodiesel que se produce en la actualidad proviene de aceites vegetales, sin embargo, hay muchos aceites y grasas animales a bajos costos que pueden ser utilizados. Su problema radica en que suelen poseer una gran cantidad de ácidos grasos que no se convierten en biodiesel con catalizadores alcalinos por lo cual es necesario un pre -tratamiento para convertir los ácidos grasos libres en esteres metílicos con un catalizador ácido y luego se puede proceder con la transesterificación normal con un catalizador alcalino. Además, la humedad es un factor que también afecta el rendimiento de la reacción puesto que el agua reacciona con los catalizadores formando jabones.

- **Tipo de catalizador y concentración:** Si el aceite usado tiene un alto grado de ácidos grasos y elevada humedad, es más adecuado usar catalizadores ácidos. Aceites, tanto refinados como crudos, con un 1 % (Belén, 2009) de catalizador alcalino (tanto hidróxido sódico o potásico) han tenido muy buenos resultados. Sin embargo, el proceso con dichos catalizadores tiene algunos inconvenientes: se debe separar el catalizador del producto final, la separación del biodiesel y el metanol puede resultar más difícil, el agua resultante debe ser tratada y los ácidos grasos y el agua afectan a la reacción. Los catalizadores enzimáticos, por otro lado, también pueden obtener buenos resultados pero el costo es mayor que sus resultados alcalinos.
- **Relación molar entre el aceite y metanol:** La relación estequiométrica juega un papel muy importante en el correcto desarrollo de la transesterificación. La reacción química requiere de tres moles de alcohol y un mol de triglicérido para producir tres moles de biodiesel y un mol de glicerol. Toda reacción necesita equilibrio (ver figura 2).
- **Tiempo y temperatura:** La transesterificación aumenta con el tiempo de reacción y se puede producir a diferentes temperaturas, dependiendo del tipo de aceite que se utilice.

2.4.1 Proceso Discontinuo

El método más simple para la producción de biodiesel es por medio del proceso discontinuo (ver figura 3). En este proceso, en la primera etapa que es en donde ocurre la transesterificación, se mezcla el alcohol metílico conocido como metanol con el NaOH o KOH en un recipiente preferiblemente de acero inoxidable. Esta mezcla da un metóxido que pasa a un reactor discontinuo al igual que el aceite donde serán mezclados. Este reactor, también conocido como reactor *batch*, es aquel en el cual no entra ni sale material durante la reacción, sino más bien, al

inicio del proceso se introducen los materiales, se lleva a las condiciones de presión y temperatura requeridas, y se deja reaccionar por un tiempo preestablecido. Posteriormente, es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite y el metóxido. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase ester. De esta etapa se obtiene el biodiesel y el subproducto que es la glicerina. Además los vapores del metanol emanados durante la reacción se condensan para poder que sean utilizados en futuras producciones.

La segunda etapa es la separación y consiste en dividir el biodiesel y el glicerol utilizando un decantador o el mismo reactor. Así, estos compuestos inmiscibles se separarán por diferencia de densidades y propiedades moleculares mediante una interface bien diferenciada. La glicerina, por tener mayor densidad, se irá al fondo creando una capa oscura mientras el que el biodiesel queda en la parte superior ([ver figura 4](#)). Por el desagüe inferior, la glicerina es evacuada a otro recipiente para dejar solo el biodiesel, que luego, también es introducido en un recipiente diferente para pasar a una tercera fase.

En la tercera etapa, cuando previamente el biodiesel ya ha sido separado del glicerol y puesto en otro recipiente, se lleva el combustible a un proceso de lavado. Existen varios tipos de lavados que tornan el biodiesel a óptimas condiciones para su uso como combustible, y la utilidad de cada uno dependerá de los recursos y el tiempo que tenga disponible la empresa.

Por otro lado, la glicerina una vez separada del biodiesel, no se permite su aplicación directa a otros procesos debido a su alta alcalinidad y contenido de metanol, por lo que debe someterse a un proceso de purificación. Una vez purificado y refinado representa un subproducto muy valioso que a grado farmacológico puede llegar a cubrir los costos operativos de una planta productora.

2.4.2 Proceso Continuo

Una variación popular en el proceso de producción de biodiesel es el uso de reactores de agitados continuos en serie. En lugar de dar tiempo para la reacción en un tanque de agitado, el reactor es tubular. La mezcla de la reacción está constantemente en movimiento dentro del reactor con corriente (entrada de insumos y materia prima) continua. El resultado es un sistema continuo que requiere tiempos de residencia más cortos, tan bajos como de 6 a 10 minutos (ver figura 5).

2.5 Seguridades en la planta

Los riesgos en las plantas industriales acontecen como accidentes a causa de las actividades inoportunas de operación y mantenimiento o simplemente de las labores diarias de los encargados. En el proceso de producción de biodiesel es necesaria la manipulación de dos insumos altamente tóxicos para el ser humano. Tanto el metanol como el NaOH son químicos que deben tener un tratamiento especial.

El metanol es un químico volátil que puede entrar en combustión si se somete a una fuente de calor alta. A su vez, es riesgoso para la salud humana, debido a que inhalar los vapores puede causar trastornos nerviosos y pérdida del conocimiento, asimismo, la ingestión causa ceguera y alteraciones neurocerebrales. Es primordial mantener el metanol bien almacenado en envases sellados para evitar fugas, contar con sistemas de alarma y controladores de incendio. Además, es conveniente utilizar un método de recuperación y reciclaje para reducir el inventario de los materiales peligrosos en el almacén.

Del mismo modo, una mala manipulación del NaOH puede traer graves consecuencias a la salud humana como quemaduras, cicatrices, ceguera, etc. Debe almacenarse lejos de ácidos fuertes y alcoholes, ya que puede crear bastante calor como para prender fuego en sustancias inflamables. Se recomienda que al momento de realizar la mezcla entre el metano e NaOH, éste se vaya agregando lentamente.

En el esquema de la planta se deberá tomar en cuenta que en el proceso de producción no haya contacto directo entre sustancias incompatibles que podrían traer peligros industriales como la generación de calor, incendios, gases o explosiones en caso de que se mezclaran. También se debe tener cuidado con los diferentes procesos que deben ocurrir a una temperatura o presión determinada. Es importante asegurar que las condiciones sean siempre las adecuadas de tal forma que un proceso no afecte el desempeño ni seguridad de otro. En muchos casos posiblemente sea conveniente apartar las operaciones muy calientes o frías de las otras, de modo que se reduzca al mínimo la exposición de trabajadores y demás activos en la planta.

La implementación de técnicas de monitoreo alrededor de peligros potenciales hacen posible detectar de manera oportuna cualquier situación peligrosa. Por ejemplo, con diversos equipos como detectores de humo, monitores de calor o detectores de radiación se puede efectuar un monitoreo para detectar niveles de oxígeno, vapores orgánicos, gases combustibles o componentes específicos en el aire que representen un peligro. Existen también dispositivos y manuales automáticos para la paralización de todos los sistemas eléctricos y operaciones para reducir al mínimo los daños en el momento de un accidente industrial.

Conjuntamente, se debe contar con sistemas para contener derrames, pero en caso de que ocurran, existen equipos de emergencia para recolectar material derramado, muros para evitar explosiones, material a prueba de incendios para evitar su propagación y absorbentes para contener materiales peligrosos.

Cualquier persona que ingrese al área de producción, sea empleado o visitante, debe respetar las normas de seguridad industrial tales como utilizar casco, guantes y gafas de protección, protectores auditivos y mascarillas en caso de ser necesario.

2.6 Ventajas y desventajas

El biodiesel al ser un combustible ecológico presenta una serie de ventajas y desventajas tanto para el medio ambiente como para el vehículo que lo utilice.

Entre las ventajas están las siguientes:

- El biodiesel es un recurso renovable, biodegradable y no tóxico.
- Es oxigenado, provocando que produzca menores emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos no quemados y de partículas de humo, contribuyendo a la disminución de los GEI.
- Puede ser usado directamente en motores de inyección directa, sin necesidad de adaptaciones especiales.
- El desempeño de los motores registran diferencias significativas en relación a los combustibles fósiles, debidas a su alto poder lubricante.
- El manejo es más seguro, pues posee un punto de inflamación muy alto.
- Los gases resultantes de la combustión no contienen óxidos de azufre (SO_x)⁶, principales causantes de la lluvia ácida.
- Desarrollo local y regional: mejora la situación económica y social posibilitando la creación de puestos de trabajo.
- Revitalización de áreas rurales.
- Puede contribuir a reducir la dependencia de combustible fósil del país.
- Puede contribuir a la reducción de importaciones de diesel.

De igual manera, el biodiesel presenta desventajas mencionadas a continuación:

⁶ Incluye el monóxido de azufre (SO), dióxido de azufre (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3)

- La potencia y consumo del motor se ven afectadas, debido a que el biodiesel posee alrededor de 8 % (Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras, 2008) menos energía por litro que el diesel.
- Bajo los 0 °C (Grados Celsius) pueden existir problemas de congelación del biodiesel y depósitos en el motor.
- Aumento de las emisiones de aldehídos y de óxidos de nitrógeno (NO_x)⁷.
- Requiere de grandes superficies de terreno para obtener materia prima.
- Al ser un buen solvente, puede disolver sedimentos presentes en el sistema de combustible del motor y causar obstrucción de filtros en su primer uso en motores que operan con diesel, por tanto se recomienda hacer una limpieza del sistema de combustible al cambiar de diesel a biodiesel.
- El biodiesel se oxida con más rapidez que el diesel, característica que puede ser un problema para el almacenamiento a largo plazo para este producto.
- El biodiesel viejo se vuelve ácido y forma sedimentos saliendo de los estándares de calidad.
- No es compatible con algunos tipos de materiales como plásticos, caucho, cobre (y sus aleaciones), plomo y zinc.

2.7 Reducción de emisiones contaminantes

El biodiesel al ser un combustible ecológico, cuenta con una importante participación en la reducción de emisiones de GEI generados por el uso de combustibles fósiles que han afectado el medio ambiente.

Las reducciones de los GEI están fuertemente influenciadas por la materia prima utilizada en la producción de biodiesel. Según un estudio realizado por los científicos de *Common Wealth Scientific and Industrial*

⁷ Compuestos químicos formados por la combinación de Oxígeno y nitrógeno.

*Research Organization (CSIRO)*⁸, el aceite de cocina desechado logra la mayor reducción de gases, seguido por el aceite de palma. Además, los científicos afirman que los vehículos que funcionen con biodiesel reducen un 78% las emisiones de dióxido de carbono y un 75% los hidrocarburos cancerígenos (Biodisol, 2007).

Entre los tipos de emisiones reducidos por el uso de biodiesel se encuentra los hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y material particulado (ver tabla 1).

2.8 Diesel vs. Biodiesel

El biodiesel, desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gasóleo proveniente del petróleo, no es peligroso para el ambiente y es biodegradable.

Las emisiones de ambos combustibles se describen a continuación:

- **Monóxido de carbono (CO)**⁹: La emisión del biodiesel durante su combustión es 50 % (Larosa, 2001) menor en comparación las emisiones que produce la combustión del gasóleo.
- **Dióxido de azufre (SO₂)**¹⁰: El biodiesel no produce dióxido de azufre debido a que no contiene azufre. El SO₂ es dañino para la salud humana al igual que para la vegetación.
- **Material particulado**: El biodiesel reduce en un 65 % (Larosa, 2001) las emisiones de material particulado.
- **Productos orgánicos aromáticos**: El biodiesel no tiene benceno ni sus derivados (productos aromáticos).

⁸ Agencia científica nacional de Australia y una de las agencias de investigación más grande y diversa del mundo.

⁹ Gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico.

¹⁰ Gas incoloro con un característico olor asfixiante.

- **Balance de Dióxido de carbono (CO₂)¹¹:** El CO₂ que emite el biodiesel en su combustión es totalmente reabsorbido por la vegetación.

2.9 Proceso de mezcla del biodiesel con el petrodiesel

El biodiesel es un combustible ecológico que puede ser mezclado en cualquier proporción con diesel procedente de la refinación del petróleo o utilizarlo 100 % como combustible. Para identificar los distintos porcentajes de mezclas con el petrodiesel se utilizan notaciones abreviadas dependiendo del tipo. Entre las más utilizadas tenemos el B5 que indica que la mezcla contiene 5 % de biodiesel y 95 % de diesel, B20 que la mezcla contiene 20 % de biodiesel y 80 % de diesel y así sucesivamente. En caso de ser B100 significa que se está utilizando el biodiesel en un 100 %.

El proceso de mezcla más usual en las refinerías se basa simplemente en verter los dos combustibles dentro de un tanque o depósito añadiéndole potentes y eficaces sistemas de agitación y recirculación para alcanzar una homogenización completa entre ambos. Se recomienda primero verter el diesel convencional y después el biodiesel.

Debido a que la industria del biodiesel tiene pocos años de desarrollo en el mundo, aún se recomienda una mezcla no más de B20 porque proporciones más altas de biodiesel podría traer algunos inconvenientes entre los siguientes:

- Dependiendo del aceite vegetal utilizado para la elaboración, el biodiesel tiende a tornarse espeso y gelatinoso a bajas temperaturas.

¹¹ Gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono.

- Por su capacidad solvente, el biodiesel puede liberar residuos acumulados provenientes del petrodiesel pudiendo atascar los filtros del automóvil.
- Con el tiempo ciertos tipos de cauchos utilizados en sistemas de sellado y mangueras de los automóviles se ablandarán y degradarán.
- El rendimiento del motor disminuye parcialmente, pero a su vez las emisiones a través del escape disminuirán.

2.10 Perspectiva mundial

En la última década, el biodiesel ha experimentado un aumento en su popularidad alrededor del mundo. La expansión en la capacidad de producción no solo se ha dado en los países desarrollados de la Unión Europea y Estados Unidos, sino también en los países en vía de desarrollo como Indonesia, Malasia, Brasil, Argentina y Colombia (Meyer, 2011). El interés y la expansión de la producción del biodiesel han sido fomentados por los mandatos y los incentivos financieros ofrecidos por los gobiernos.

La Unión Europea posee la industria de biodiesel más desarrollada en el mundo siendo el mayor productor mundial impulsado por las directivas de biocombustibles, exenciones de impuestos y la política de tierras agrícolas. Los países miembros con la mayor capacidad de producción son Alemania, Italia y Francia, pero a pesar de su gran producción, la Unión Europea en general se ve obligada a importar grandes cantidades de aceite vegetal y de biodiesel para abastecer su demanda local (UE importa más aceite de soja para biodiésel, 2006).

Por otra parte, en América Latina la industria de los biocombustible se ha venido desarrollando de manera favorable. Los principales países Latinoamericanos con un importante progreso en esta industria son Brasil, Argentina y Colombia, que en el 2009 tuvieron una participación significativa en la producción mundial de biodiesel. De acuerdo a

proyecciones del *Food and Agriculture Policy Research Institute* (FAPRI)¹², se estima que tanto Brasil como Argentina se conviertan en los mayores exportadores de biodiesel entre el 2011 y el 2019 (Ortiz, 2011). Por otro lado, se proyecta que las mayores importaciones de biodiesel se concentrarán en la Unión Europea y Japón (ver tabla 2).

2.10.1 Especificaciones y estándares

Antes de la utilización del biodiesel como combustible, éste terminado deber ser examinado con equipos sofisticados de análisis para asegurar de que cumpla ciertos parámetros y especificaciones de calidad (ver tabla 3). Entre los estándares más reconocidos están las siguientes:

- Norma Europea EN 14214 aprobada por el Comité Europeo de Normalización (CEN)¹³ en el año 2003. Es utilizada para establecer los estándares y métodos de medida para el biodiesel, ya sea puro (B100) o sea en mezcla con petrodiesel en porcentajes. Hasta ahora se contempla una mezcla máxima de 5 % en volumen (B5) aunque se está estudiando la opción de permitir la mezcla hasta un 7 % (B7). No obstante, algunos países europeos han introducido excepciones y permiten la distribución de biodiesel puro (B100) para vehículos adaptados. Por otro lado se está debatiendo la opción de permitir el uso de otras materias primas para la producción del biodiesel en mezcla o en estado puro.
- Los parámetros técnicos de calidad para el diesel y biodiesel en Estados Unidos los desarrollaron la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM)¹⁴. La proposición inicial se realizó en base a un carburante para su utilización en estado puro, pero no se

¹² Programa de investigación único que analiza las complejas relaciones económicas de la industria de la alimentación y la agricultura.

¹³ Organización no lucrativa privada cuya misión es fomentar la economía europea en el negocio global, el bienestar de ciudadanos europeos y el medio ambiente proporcionando una infraestructura eficiente.

¹⁴ Organismo de normalización de los Estados Unidos de América fundada el 16 de mayo de 1898.

podía asegurar que se cumplirían los estándares mínimos requeridos según las experiencias obtenidas en las mezclas hasta B20. Esto ocasionó que la definición de las propiedades del biodiesel puro se hiciera en función de sus mezclas hasta un 20 % que proporcionarían las características adecuadas para motores de diesel existentes. La norma ASTM D6751 aprobada describe las especificaciones técnicas del biodiesel en estado puro, de tal manera que si el biodiesel cumple con estos estándares, se puede mezclar con el diesel convencional, con la única limitación que el combustible que se obtenga al final contenga como máximo un 20 % de biodiesel.

El Ecuador también cuenta con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 482:2009 donde especifica los requisitos que el biodiesel deberá cumplir para poder ser distribuido y comercializado dentro del país. Las principales disposiciones de esta norma son:

- **Aditivación:** Se permite el uso de aditivos al biodiesel para mejorar o evitar la alteración de sus características fisicoquímicas. Estas sustancias no deben producir efectos negativos a la salud y el ambiente.
- **Presentación:** El biodiesel debe ser homogéneo y visualmente debe estar libre de agua, sedimentos y materiales extraños en suspensión.

IV. IMPACTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

4.1 Impacto social

Si bien el uso de los biocombustibles se presenta como una forma de cumplir con el compromiso del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático¹⁵ de reducir las emisiones de gases que causan el calentamiento global, también existen motivos estrechamente relacionados al desarrollo del sector agroindustrial. Por medio del incremento de los cultivos energéticos agrícolas más representativos para la producción de biodiesel en el Ecuador como son la palma africana, incluso la higuera y el piñón, se expandiría la industria, se establecerían refinerías que generarían plazas de trabajo, mayor estabilidad social y económica en el sector.

Por otro lado, existe la objeción contra la producción de biocombustibles del riesgo en que se pone la seguridad alimentaria creándose gran controversia por la posible escasez de alimentos y su aumento de precio. Si las tierras destinadas a la siembra de cultivos alimenticios se utilizan para la producción de biocombustibles, podrían conllevar serios problemas éticos. En la actualidad, se ha generado polémica por el aumento del precio de ciertos alimentos debido a un incremento en la demanda para su uso en biocombustibles. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la mayor parte de la población de América Latina y el Caribe vive de las actividades en los sectores rurales. En consecuencia, si surgen cultivos que generan mayores ingresos a los productores, sus esfuerzos se orientarán a entregar el producto de mayor calidad. Para que sea posible evitar esta disputa entre biocombustibles y alimentos, es importante que existan políticas claras al respecto para impedir la

¹⁵ El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional que tiene como meta disminuir las emisiones mundiales de los gases que causan el calentamiento global: Dióxido de Carbono (CO₂), Gas Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

destrucción de reservas nacionales y que exista un equilibrio entre la cantidad de los cultivos destinados al consumo y la cantidad destinada a la producción de biocombustibles. Así, los cultivos energéticos con potencial para la producción de biocombustibles se presentan como una oportunidad para mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales.

4.2 Impacto económico

La producción comercial de biodiesel comenzó en la década de los 90, pero el continuo incremento del consumo de energía en todos los sectores económicos, la escasez de los recursos fósiles y la contaminación ambiental, están conduciendo a la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía alternativas como los biocombustibles, en especial el biodiesel que se ha convertido en una fuente de atracción en los últimos años por los beneficios técnicos, económicos y ambientales que posee.

Las ventajas económicas que presenta el biodiesel, incluyen el valor agregado a la materia prima, el aumento del número de empleos en la manufactura rural, el aumento de las inversiones en instalaciones y equipos, una expansión en el sector de la manufactura, la reducción en costos de atención médica por el mejoramiento a la calidad del aire debido a la mitigación de GEI, reducción de la dependencia de las importaciones de diesel, mejores oportunidades de mercado para los cultivos nacionales del sector agrícola, además, mejora la lubricación de los autos reduciendo la necesidades de mantenimiento.

A pesar de los beneficios y de ser una alternativa tecnológicamente viable, los costos de producción de biodiesel actualmente son relativamente altos y la limitada disponibilidad de algunas de las materias primas utilizadas en su producción sigue limitando su aplicación comercial. Otros costos importantes son la mano de obra, el metanol y catalizador que deben ser añadidos a la materia prima. Estos costos también dependen mucho del área geográfica o país en el que se

encuentren disponibles, de la variabilidad en la producción de cultivos y el precio del petróleo crudo. Como consecuencia el biodiesel puede llegar a ser más relativamente más caro que el diesel convencional.

La competitividad del biodiesel ante el petrodiesel depende mucho de las políticas o incentivos fiscales que adopte cada gobierno para incentivar su producción y comercialización. Los estímulos como la reducción en los costos de materia prima, procesamiento y exenciones fiscales será el instrumento clave para incitar el uso del biodiesel como combustible alternativo para el transporte en un futuro próximo, con ventajas que deben ser consideradas mucho más allá de la agricultura, transporte y sectores energéticos.

Por este motivo, muchos países (especialmente en los países desarrollados como Estados Unidos y en Europa) han adoptado políticas que incentivan la producción de este combustible renovable. Los beneficios se obtienen en diversas áreas de interés para los gobiernos, incluida la producción agrícola, las emisiones de GEI, la seguridad energética y la balanza comercial.

Para los países en vías de desarrollo, la producción de energías verdes podría ser uno de los principales contribuyentes para generar desarrollo económico, debido a que la producción de biocombustibles se basa primordialmente en un desarrollo sustentable del sector agrícola. La mayoría de los países subdesarrollados cuentan con grandes extensiones de zonas agrícolas para el aprovechamiento de este nuevo mercado agroindustrial. La unión de los productores agrícolas sería suficiente ser los proveedores de materia prima y suplir las necesidades energéticas locales y abrir nuevas oportunidades comerciales para sus productos.

Por otro lado, dentro de la industria del biodiesel, las tecnologías de procesamiento también desempeñarán un papel clave en la determinación de los líderes de la industria y la maximización de la

rentabilidad. Las nuevas tecnologías de procesamiento prevén mejorar las eficiencias operativas. La mejora más significativa proviene de la utilización de sistemas de catalizadores heterogéneos. Estos catalizadores tienen el potencial de eliminar la necesidad de agua de lavado para eliminar el exceso de los catalizadores, por tanto, se reduce los costos operacionales y de capital.

Otra ventaja potencial es el subproducto derivado del proceso de producción del biodiesel llamado glicerina. La glicerina es una oportunidad de ingresar a otro mercado porque puede ser utilizada como materia prima para plantas químicas que producirían otros productos químicos de más interés y valor comercial.

4.3 Impacto ambiental

En Estados Unidos, al igual que en más países industrializados, la producción y consumo de combustibles fósiles es mayor, por lo tanto, generan el mayor porcentaje de las emisiones de gases contaminantes. A pesar del conocimiento sobre el tema, el sustento de la población actual y futura del planeta, al igual que su desarrollo socio-económico son muy dependientes del petróleo y sus derivados. La dependencia se basa principalmente en la disponibilidad del producto, el costo y a las infraestructuras y tecnologías desarrolladas para sus usos difíciles de reemplazar.

A pesar de esto, la humanidad no puede ser indiferente frente a los efectos negativos del uso del petróleo. La preocupación medioambiental, especialmente relacionada al cambio climático, es otro factor que ha contribuido a la nueva tendencia de utilizar biocombustibles. Por tal razón, desde hace varios años, gobiernos, instituciones, científicos y políticos alrededor del mundo han empezado a buscar energías alternativas que disminuyan, aunque sea en forma gradual, las emisiones de GEI. El calentamiento global provocado por estos gases ha traído efectos climáticos catastróficos como se ha visto alrededor del mundo en los

últimos años. La responsabilidad humana sobre esta situación está reconocida científicamente, pues los seres humanos son los principales contaminantes del medio ambiente con la revolución industrial y otros avances tecnológicos que han generado grandes emisiones de GEI y consecuentemente el desgaste de la atmósfera.

Sin embargo, los biocombustibles muestran que su potencial para reducir las emisiones de carbono depende de varios factores como del tipo de cultivos y las tecnologías utilizadas. Si éstos no son los adecuados, se predice que podrían provocar incluso una mayor contaminación, además de reducir los posibles beneficios económicos, ambientales y políticos antes mencionados. Existen otros peligros sobre el desarrollo de los biocombustibles relacionados a la expansión de cultivos agrícolas enfocada a la producción de alcohol y aceites vegetales como alternativas energéticas tales como la inseguridad alimentaria, incremento de inequidad, pérdida de bosques primarios y expansión no-controlada de la frontera agrícola.

V. DESARROLLO DE BIOCOMBUSTIBLES EN EL ECUADOR

5.1 Situación del biodiesel

En el Ecuador, la industria del biodiesel se ha desarrollado de manera favorable, aunque lenta, durante los últimos años. La Fabril, por el momento, es la única empresa que produce biodiesel a partir de aceite de Palma Africana para exportación principalmente a Estados Unidos y Perú. Por otro lado, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCEI), también involucradas en el tema, han realizado avances importantes en la producción de biodiesel a pequeña escala, utilizando diferentes tipos de aceite vegetal como la *Jatropha Curcas* y *Recinus Communis*.

Ambas universidades, dedican sus actividades al estudio bioquímico del biodiesel para determinar los parámetros de producción adecuados, que aseguren una calidad óptima, cumpliendo a la vez, con los estándares internacionales.

5.2 Análisis de materia prima de origen vegetal

Entre las principales fuentes de origen vegetal se encuentran la Palma Africana, *Jatropha Curcas*, *Recinus Communis* y Soya. El respectivo análisis se lo realizara bajo los parámetros de disponibilidad, producción, precio, rendimiento, impacto alimenticio e impacto ambiental.

5.2.1 Palma africana

La Palma Africana (ver figura 6) de la especie botánica *Elaeis guineensis* Jacq., es una planta tropical de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar y de la que se obtiene la fruta de palma y la pepa de la fruta denominada Palmiste. Tanto de la fruta de palma como de la pepa se obtiene un aceite vegetal para la elaboración de productos comestibles y no comestibles.

Su origen proviene desde el golfo de Guinea en el África occidental y se introdujo a América Latina gracias a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses que la usaban como parte de la dieta alimentaria de sus esclavos en Brasil.

El Ecuador, al ser un país privilegiado, tanto por sus condiciones climáticas como por su posición geográfica, se presenta con un gran potencial para la producción agrícola entre de Palma Africana. Además, el Ecuador cuenta con La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA)¹⁶, la misma que se encarga de agrupar a la mayoría de palmicultores, llevar registros sobre la producción y plantaciones de palma africana en todo el país. También cuenta con su comercializador la Fundación para la Exportación de Aceite Rojo de Palma y sus Derivados de Origen Vegetal (FEDAPAL)¹⁷, que en conjunto con ANCUPA, se caracterizan por su organización, capacitación, transferencia de tecnológica, investigación y promoción de este cultivo a lo largo de la cadena.

5.2.1.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*
Subreino: *Tracheobionta*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Liliopsida*
Subclase: *Commelinidae*
Orden: *Arecales*
Familia: *Arecaceae*
Subfamilia: *Coryphoideae*

¹⁶ Persona jurídica de derecho privado, sin finalidad de lucro, que agremia, representa y vela por los derechos de los cultivadores de esta oleaginosa, así como de los extractores de aceite de palma y palmiste dentro del territorio nacional.

¹⁷ Organización privada y sin fines de lucro que trabaja en la promoción de las exportaciones de aceite rojo de palma africana y en la búsqueda de mercados para el excedente de aceite rojo en el Ecuador.

Género: *Elaeis*

Especie: *E. guineensis*

5.2.1.2 Producción

De acuerdo al censo palmero realizado por ANCUPA en el 2005, todas las áreas sembradas existentes para la producción de palma africana en el Ecuador se dividen en 4 bloques que son: Bloque Occidental, Bloque San Lorenzo, Bloque Oriental y Bloque Guayas.

El Bloque Occidental cuenta con la mayor cantidad de provincias dedicadas a la producción de palma africana, con una superficie de 171 983 hectáreas (ha) sembradas. Este bloque representa el 83 % de la superficie total, seguida por el bloque de San Lorenzo con un 9 %, el bloque Oriental con un 7 % y por último el bloque Guayas con 1 %. Además, las tres principales provincias con las superficies de sembríos más grandes en el país son Esmeraldas, Pichincha y Los Ríos. Las demás provincias gozan de grandes extensiones de hectáreas cultivadas pero en proporciones menores que las tres principales. (Ver [tabla 4](#) y [tabla 5](#)).

En la actualidad, existen alrededor de 6 000 palmicultores (ANCUPA) en el país, con una superficie sembrada de alrededor de 240 000 ha y con una superficie cosechada de alrededor de 200 000 ha (ANCUPA). El cultivo de la palma africana promueve importantes inversiones generando plazas de trabajo en la actividad agrícola e industrial.

En el Ecuador, existen 47 plantas extractoras encargadas del proceso de extracción de aceite palma. Las plantas extractoras se encuentran divididas en los bloques mencionados anteriormente. En el Bloque Occidental cuenta con 40 extractoras, el Bloque Oriental con 3, el Bloque San Lorenzo también con 3 y el Bloque Guayas con tan solo 1 planta extractora. La capacidad instalada de todas estas plantas en

conjunto es de alrededor de 570 TFF / H (Toneladas de Fruta Fresca por hora), de las cuales se extrae el 20 % de aceite crudo de palma.

La producción de aceite de palma varía de acuerdo a la estación en el que se lleve a cabo la cosecha. En la época de invierno la producción puede alcanzar niveles muy altos en comparación con la época de verano, considerando que en el verano la producción disminuye debido a que es una época seca.

Entre el 2000 y 2001 la producción nacional de aceite decayó un 7,56 %, pero a partir de este último año dicha producción se recuperó aumentando de forma sostenida hasta el 2009 con una tasa de crecimiento promedio anual de 9,04 % (FEDEPAL). Este incremento en la producción a su vez causó que el excedente sea cada vez mayor, debido a que el consumo se mantuvo relativamente constante desde el 2000 hasta el 2009, a pesar del fuerte crecimiento de la producción ([ver gráfico 1](#)).

Para el año 2019, se estima que la cadena de oleaginosa tenga un crecimiento importante, ampliando la superficie sembrada, que a su vez aumentaría la superficie cosechada. Esto tendría como consecuencia un incremento en la producción de aceite crudo de 1´ 015 920 TM, aumentando tanto el consumo como el excedente a 300 000 TM y 715 920 TM (ANCUPA) respectivamente. Al mismo tiempo, la generación de empleo ascendería en conjunto con el sector agrícola e industrial.

5.2.1.3 Disponibilidad

La demanda de aceite de palma dentro del Ecuador, proviene mayormente de la industria alimenticia, cuyo requerimiento se cumple en su totalidad, debido a los grandes volúmenes de producción local que a su vez generan un excedente ([ver tabla 6](#)). Dicho excedente puede ser aprovechado para dar lugar al desarrollo de la industria del biodiesel de aceite de palma africana.

5.2.1.4 Precios

El precio nacional del aceite crudo de palma lo sugiere el Consejo Directivo de FEDEPAL, en consideración a los siguientes factores:

- **Precio paridad importación del aceite de palma:** El precio local está sujeto al precio internacional referido por Malasia. Este es el factor más importante en la formación del precio local.
- **Precio paridad importación del aceite de soya:** Se analiza el precio internacional del aceite de soya que es un sustituto en cierta proporción del aceite de palma.
- **Precio del aceite de palma en Colombia:** Se monitorea el precio del aceite de palma en Colombia.
- **Volumen del excedente:** Mientras mayor sea el volumen del excedente del aceite de palma en el mercado ecuatoriano, el precio local tiene que seguir acercándose al precio internacional.

Estos factores son los más influyentes en la formación del precio nacional de aceite de palma y son monitoreados todo el tiempo con el fin de que el precio sea el más atractivo para la industria local frente a sus sustitutos importados. La evolución de los precios nacionales del aceite crudo de palma a partir del año 2000 hasta el 2009 ha sido creciente ([ver tabla 7](#)).

La litro de aceite crudo de palma africana se la encuentra en el mercado en alrededor de \$ 0,66 (FEDEPAL), aunque las características de este aceite no permiten su utilización directa en el proceso de la producción de biodiesel. Para poder utilizar este aceite se debe primero remover los ácidos grasos libres que causan la viscosidad del mismo. Al aumentar procesos sobre esta materia prima, su costo se eleva.

Lo ideal para la producción de biodiesel con aceite de palma es utilizar la oleína de palma. La oleína de palma no es más que el aceite rojo crudo que ha sido sometido a un proceso de refinado, blanqueado y

desodorizado (RBD). La oleína de palma es comercializada por varias empresas, entre las más conocidas, DANEC, La Fabril y Ales. En el mercado ecuatoriano el litro de oleína de palma es de \$ 1,05 (Garzón, 2010).

5.2.1.5 Rendimiento

La palma africana es el cultivo oleaginoso que ofrece el mayor rendimiento de aceite por ha. El cultivo produce frutos esféricos que conforman racimos compactos con un peso entre 10 y 40 gramos cada uno. En las mejores condiciones se pueden obtener alrededor de 20 000 kg de racimos por ha por año de lo que se puede extraer hasta el 25 % de aceite de palma y 5 % de aceite de Palmiste (IICA). Esta cantidad es superior que la cantidad producida por cualquier otra fuente de aceite vegetal. Los frutos (semillas) tienen un peso de alrededor de 0,001 kg y están compuestas de aceite en cerca del 50 % logrando un rendimiento de 4 000 a 5 000 litros de biodiesel por ha ([Ver tabla 8](#)).

5.2.1.6 Impacto en la industria alimenticia

El aceite de palma es el segundo mayor consumido en el mundo. Además es considerado uno de los más importantes por la gran variedad de productos que de él se obtiene, como aceite de cocina, productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados y deshidratados, productos, que en su mayoría, son utilizados en la alimentación humana.

Sin embargo, un aumento considerable en esta nueva demanda, podría conllevar a un importante desequilibrio en el mercado aceitero, como consecuencia se produciría un alza de precios que afectaría directa y negativamente a los consumidores.

5.2.1.7 Impacto ambiental

Desde el punto de vista ambiental, la siembra indiscriminada e irresponsable de palma africana se presenta como una amenaza para el ecosistema y la biodiversidad.

Para el perfeccionamiento de cultivo de palma africana, hay que arrasar con toda la vegetación existente a su paso, pues no puede coexistir con otras plantas, ya que éstas le quitan alimento de la tierra, disminuyendo su rendimiento de productividad por ha. Esto equivale a una destrucción irreversible de grandes extensiones de bosques húmedos tropicales y pérdida de biodiversidad, lo que conlleva a su vez la desaparición de especies, contribuyendo al cambio climático por la deforestación de árboles.

A nivel industrial, los cultivos de palma necesitan una gran cantidad de fungicidas, insecticidas y herbicidas para el control de plagas y malezas. Todos estos químicos han sido clasificados como sumamente dañinos para la salud humana y animal, conjuntamente con la contaminación y destrucción de ríos.

Por otro lado, un buen manejo del cultivo bajo estrictas políticas de control, puede contrarrestar el efecto negativo al ecosistema.

5.2.2 *Jatropha Curcas*

La *Jatropha Curcas* (ver figura 7), también conocido como Piñón, es un arbusto silvestre y perenne que puede alcanzar alturas superiores a 5 los metros. Se desarrollan bien en zonas secas debido a que soporta largos periodos de sequía, adaptándose a terrenos degradados de baja fertilidad que no son apropiados para otros cultivos. Es originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales. Se la cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África.

Se ha considerado a esta especie como una alternativa de cultivo en la agricultura familiar de zonas marginales secas del Ecuador por su importancia para la producción de biocombustibles. El aceite que contiene los granos puede ser usado como biocombustible o transformado en biodiesel.

Por la creciente demanda de materia prima para la producción de biodiesel y las ventajas económicas, ambientales y sociales que posee, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)¹⁸ está realizando investigaciones sobre este cultivo para la identificación y selección de semillas y generar tecnologías de manejo de cultivo para la optimización de la producción y rendimientos de aceite.

5.2.2.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*
Subreino: *Tracheobionta*
División: *Embryophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Malpighiales*
Familia: *Euphorbiaceae*
Subfamilia: *Crotonoideae*
Tribu: *Jatrophaeae*
Género: *Jatropha*
Especie: *J. Curcas*

5.2.2.2 Producción

En el Ecuador, no existen sembríos de *Jatropha Curcas* en grandes volúmenes, pues solo se conoce de los 7 000 km de cerca viva (ERGAL,

¹⁸ Institución que se encarga de generar y proporcionar tecnologías apropiadas, productos, servicios y capacitación especializados para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores agropecuario, agroforestal y agroindustrial.

2009) sembrada a lo largo de la Provincia de Manabí (ver tabla 9). Por tal motivo, la producción de aceite de *Jatropha* no es muy alta en el país debido a la escasez de cultivos. Se estima que las cercas vivas alcanzan una producción de aproximadamente 5 362 toneladas de aceites al año.

Por otro lado, se considera que en el Litoral del Ecuador, se pueden sembrar alrededor de 300 000 ha de piñón (ERGAL, 2009).

5.2.2.3 Disponibilidad

En las Islas Galápagos, se encuentra en ejecución el proyecto “Sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles en la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana”, donde todo el aceite de *Jatropha* extraído de las cercas vivas proveniente de la Provincia de Manabí es utilizado en este proyecto. De tal manera, que por el momento no hay aceite disponible para el desarrollo de la industria del biodiesel a partir de *Jatropha Curcas*.

5.2.2.4 Precios

Debido a que no hay plantaciones comerciales en el Ecuador no existe un precio establecido para el aceite de *Jatropha*. Para determinar el precio del aceite vegetal puro se tienen dos variables importantes:

1. Precio de compra de la semilla.
2. Precio de venta que se dará a la torta de piñón luego de la extracción.

Se estima que si el precio de la semilla oscila entre los \$ 12,00, el precio de un litro de aceite tendrá un costo aproximado de \$ 1,10 (Proaño).

5.2.2.5 Rendimiento

Las semillas miden de 1,5 a 2 cm de largo y 1,0 a 1,3 cm de ancho dependiendo de la variedad (Cultivos energéticos, 2008), condiciones climáticas/agronómicas y tratos que se les dé a los cultivos. Alcanzan su

etapa de madurez una vez que el fruto haya cambiado de color verde al amarillo/castaño.

El contenido de aceite de las semillas varía entre el 30 % a 50 % aproximadamente, con un rendimiento de 800 a 1 000 litros de biodiesel por ha (Cultivos energéticos, 2008).

5.2.2.6 Impacto en la Industria Alimenticia

Una de las principales ventajas de esta oleaginosa, que al ser una planta silvestre, tóxica y no apta para el consumo humano, no compite con los demás aceites comestibles, sin tener ningún tipo de efecto en la industria alimenticia.

5.2.2.7 Impacto Ambiental

La *Jatropha Curcas* es una especie de uso potencial en áreas deforestadas, convirtiéndose en una excelente alternativa en suelos marginales, ociosos y agotados, con una vida útil de 30 a 50 años.

Entre las principales ventajas ambientales del cultivo de *Jatropha* están las siguientes:

- Captura de CO₂ atmosférico.
- No se interviene en el ciclo del Carbono.
- Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.
- Favorece la biodiversidad y conservación ecológica en zonas marginales.
- Reducción en el uso de energía fósil primaria.

5.2.3 *Recinus Communis*

El *Recinus Communis* (ver figura 8), también conocido como Higuierilla, pertenece a la familia *Euphorbiaceae* y se adapta a climas tropicales

abarcando algunos rangos de temperatura, altitud, precipitación y crece en cualquier tipo de suelo, pero es aconsejable que sean suelos bien drenados. Es un arbusto de tallo grueso y leñoso, hueco por dentro que, lo mismo que los rabillos y nervios de las hojas, puede tomar un color púrpura oscuro, y suele estar cubierto de un polvillo blanco, semejante a la cera. Es originaria de África de donde se extendió al Medio Oriente como planta silvestre, luego se introdujo en América después del descubrimiento.

De igual manera que la *Jatropha Curcas*, el *Ricinus Communis* es una oleaginosa que se encuentra en fases de estudios en el país. Además, la empresa Fideicomiso Oleaginosas de Puerto, creó el Programa Agrícola, que tienen como objetivo desarrollar el cultivo de la semilla en la provincia de Manabí, mediante la entrega directa de semillas seleccionadas a los agricultores. Al mismo tiempo, la empresa trabaja en la Implementación de plantaciones experimentales para purificación de semilla que permita mejorar la producción de cosecha.

5.2.3.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*
Subreino: *Tracheobionta*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Malpighiales*
Familia: *Euphorbiaceae*
Subfamilia: *Acalyphoideae*
Tribu: *Acalypheae*
Subtribu: *Ricininae*
Género: *Ricinus*
Especie: *R. Communis*

5.2.3.2 Producción

En el país, no existen áreas sembradas de *Recinus Communis* para la comercialización. Esta oleaginosa se encuentra en su mayoría en las áreas agrícolas o en terrenos baldíos y es considerada como maleza. La higuera crece principalmente en la Provincia de Manabí.

Debido a la inexistencia de áreas sembradas o cosechadas, la producción de la planta oleaginosa es considerablemente escasa y se basa principalmente en la recolección de las semillas encontradas como maleza por los campesinos o agricultores, que posteriormente son vendidas a la empresa Oleaginosas del Puerto a un precio de \$ 15,50 el quintal.

Esta empresa es la única empresa conocida que se encarga de la extracción del aceite de ricino.

5.2.3.3 Disponibilidad

Por los escasos niveles de producción de aceite de ricino, la disponibilidad para la producción de biodiesel es relativamente baja.

5.2.3.4 Precios

De la misma manera que el aceite de *Jatropha*, el precio de aceite de higuera depende del precio a que se comercialice la semilla.

De acuerdo al precio de compra de semilla de la empresa Oleaginosas del Puerto, el precio de un litro de aceite de higuera es alrededor de \$ 1,35.

5.2.3.5 Rendimiento

La semilla es oval, de tamaño variable entre 5 y 20 mm según variedades. El contenido de aceite en las semillas es de alrededor del 46

%, con rendimiento de 1 000 a 1 200 litros de biodiesel por ha (Recalde & Durán, 2009).

5.2.3.6 Impacto en la Industria Alimenticia

El aceite de ricino no es apto para el consumo humano por su toxicidad. Su primordial uso es industrial, para la fabricación de pinturas, jabones, plásticos, ceras, fármacos, etc. Como consecuencia de los niveles tóxicos que posee, este aceite no tiene mayor repercusión en la industria alimenticia.

5.2.3.7 Impacto Ambiental

El cultivo de higuera tiene un impacto positivo en el ecosistema, ya que puede incorporarse sin ningún problema en zonas deforestadas y no productivas, evitando la desertificación y degradación del suelo. Asimismo, favorece a la biodiversidad y captura las emisiones de CO₂.

5.2.4 Soya

La soya pertenece a la familia de las leguminosas cultivada por sus semillas, de alto contenido en proteína y medio contenido de aceite. Los productos derivados de la soya se comercializan en todo el mundo debido a sus múltiples usos como en la alimentación humana y de ganado.

Para los pequeños agricultores, el cultivo de soya es una gran alternativa como cultivo de verano, para la rotación con maíz, por lo que aporta nitrógeno al suelo. Las condiciones agroecológicas que caracterizan a ciertas provincias de la Costa permitirían incrementar este cultivo, especialmente en Manabí.

5.2.4.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

Filo: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Fabales*
Familia: *Fabaceae*
Subfamilia: *Faboideae*
Tribu: *Phaseoleae*
Subtribu: *Glycininae*
Género: *Glycine*
Especie: *G. max*

5.2.4.2 Producción

En Ecuador el cultivo de soya se distribuye en un 99 % en la Costa Ecuatoriana. La provincia de Los Ríos posee el 96 % de la superficie nacional con una área sembrada de 53 225 ha en el 2009 ([ver tabla 10](#)). En el mismo año, la producción de soya alcanzó un total de 192 256,06 TM.

Las principales agroindustrias dedicadas a la extracción de aceite de soya están ubicadas en las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas.

5.2.4.3 Disponibilidad

La producción de soya en el Ecuador, no tiene como objetivo la elaboración de aceite, ni sus volúmenes logran satisfacer los requerimientos industriales ni la demanda local, por lo que en su gran mayoría el aceite de soya es importado. Como consecuencia de esto, la producción de biodiesel a partir de soya no es sustentable en la actualidad.

Por otro lado, el INIAP y otras instituciones trabajan en el desarrollo de nuevas variedades de semillas de soya con un mayor rendimiento, y de esta forma incentivar el cultivo de esta oleaginosa.

5.2.4.4 Precios

El precio del aceite de soya es uno de los más caros en el mercado ecuatoriano a causa de la escasez de producción, por lo que se recurre a las importaciones, y a su importante participación en la industria alimenticia.

El precio de un litro de aceite de soya procesado y óptimo para la producción de biodiesel se encuentra alrededor de \$ 1,70 (Garzón, 2010).

5.2.4.5 Rendimiento

La soya posee tan solo un 20 % de contenido de aceite en sus semillas, por lo que la convierte en la oleaginosa con el menor rendimiento entre 300 y 600 litros de biodiesel por ha.

5.2.4.6 Impacto en la industria alimenticia

La soya juega un papel trascendental en la industria alimenticia. De la producción de soya se dividen dos líneas fundamentales: la primera, es la obtención de concentrado proteico para la elaboración de alimentos balanceados, y la segunda es la producción de aceites. Por su alto contenido de proteínas y valor nutricional, tiene un efecto directo en la salud humana, disminuyendo el riesgo de contracción de ciertos tipos de enfermedades como cáncer a la mama y cáncer a la próstata.

El aceite de soya se usa principalmente para la elaboración de margarina, mayonesa, aceites de cocina, productos medicinales y farmacéuticos, crema para café, etc. También, existen otros derivados como la leche, queso y harina de soya con altos valores nutricionales.

En el país, el consumo de soya supera ampliamente a la producción local, generándose un desequilibrio entre la oferta y la demanda. El déficit formado, es cubierto por las importaciones provenientes en su mayor parte de Argentina. Como resultado de esta inestabilidad, el desarrollo de

biodiesel a partir de aceite de soya crearía un efecto significativamente negativo para la industria alimenticia, ya que incrementaría la demanda con implicaciones en el déficit que afecta no solo el consumo humano, sino también al de precio del aceite.

Analizado desde esta perspectiva, el impulso de esta nueva industria a base de soya no es viable.

5.2.4.7 Impacto ambiental

Al igual que la palma africana, una expansión en los cultivos de soya puede traer problemas medioambientales.

Entre las principales consecuencias ambientales de una creciente expansión de cultivo de soya son:

- Deforestación.
- Tala de bosques y selvas.
- Degradación del suelo.
- Aparición de enfermedades luego de las cosechas.
- Mayor uso de plaguicidas y otros agroquímicos.
- Contaminación del agua y de la tierra.
- Problemas en la salud de las personas.
- Pérdida de biodiversidad ambiental.
- Desocupación y exclusión social en la población local.

5.3 Elección de materia prima

Para determinar la mejor alternativa de aceite vegetal para la producción de biodiesel en el Ecuador, se utilizó la Matriz de Vester. Esta herramienta tiene como objetivo facilitar la identificación y determinación de la relación de las causas y efectos de una situación problemática ([ver tabla 11](#)). La valoración dada (no es causa = 0; es causa indirecta = 1; es causa medianamente directa = 2; es causa muy directa = 3) a la relación

de un problema con otro se obtuvo por consenso de los criterios de los autores. Con los valores se puede hacer un gráfico que permitirá determinar los niveles de criticidad, utilizando como coordenadas los activos para el eje de las X y los pasivos para el eje de las Y cada variable o problema ([ver gráfico 2](#)). La ubicación de los problemas en el gráfico ayuda a la clasificación:

- **Cuadrante I** (superior derecho) Problemas críticos.
- **Cuadrante II** (superior izquierdo) Problemas pasivos.
- **Cuadrante III** (inferior izquierdo) Problemas indiferentes.
- **Cuadrante IV** (inferior derecho) Problemas activos.

De acuerdo a la matriz, la producción es el factor más importante que influye en todos los demás parámetros, especialmente en los más críticos que son la disponibilidad y el precio del aceite vegetal.

Como resultado del análisis, se demuestra que la principal fuente de materia prima debería provenir de la palma africana por a su alto nivel de producción, disponibilidad y bajo precio en comparación con las demás plantas oleaginosas ([ver tabla 12](#)).

5.4 Tecnologías existentes para la producción de biodiesel en el Ecuador

A pesar de que en el Ecuador no se han realizado grandes progresos en la producción de biodiesel en comparación con otros países sudamericanos como Argentina, Brasil y Colombia, el país cuenta con abundantes recursos para el desarrollo de tecnologías que incentiven el interés en esta industria. Entre las instituciones que han avanzado en estudios sobre nuevas tecnologías para la producción del biodiesel se encuentran la ESPOL y la PUCEI a pequeña escala y La Fabril a gran escala.

Los estudios realizados en la ESPOL comprenden el diseño y construcción de un reactor de transesterificación de aceite vegetal o grasa animal de 50 litros de capacidad, además de una manual para la correcta operación. El reactor está construido de acero inoxidable para evitar la corrosión y arrastre de materiales por parte de los reactivos y productos. Además, cuenta con las partes básicas y principales que debe tener un reactor de transesterificación tales como:

- Condensador (recuperación de metanol)
- Válvula de drenaje (desfogue del subproducto)
- Panel de control de indicadores de temperatura y presión

Una de las partes más novedosas del reactor construido por la ESPOL es el visor de nivel que permite la visualización del proceso de transesterificación dentro del reactor ([ver figura 9](#)).

De igual manera, la PUCEI ha realizado investigaciones con dos tipos de reactores importados desde Argentina, uno de la empresa Central Biodiesel HTP, Inc. con una capacidad de 100 litros y un sistema de Protocolo de Alta Temperatura (HTP, por sus siglas en inglés) que omite el lavado del biodiesel con agua o resina ([ver figura 10](#)). El otro reactor fue adquirido de la empresa G-Tek con una capacidad de 100 litros con el sistema de lavado de resina de intercambio iónico ([ver figura 11](#)). Los reactores importados por la PUCEI pueden servir como modelos para la construcción de reactores en el Ecuador.

Finalmente, la única empresa que opera en el Ecuador y produce biodiesel a gran escala es La Fabril. El sistema de proceso de producción fue diseñado y construido por la misma empresa, que incluye un tanque de hierro negro para el almacenamiento de metanol y el resto de los tanques dentro del proceso son de acero inoxidable como el del almacenamiento de aceite vegetal, mezcla de metanol y catalizador,

reactor y de lavado. El reactor cuenta con una capacidad de producción de 100 toneladas diarias de biodiesel.

Como resultado de las investigaciones ejecutadas, el Ecuador posee los suficientes recursos para el desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología necesaria para la producción de biodiesel que cumpla con los estándares internacionales.

5.5 Fuentes de financiamiento

Para las fuentes de financiamiento de este trabajo se han tomado en cuenta principalmente aquellas instituciones que fomentan proyectos integrales que tienen como meta lograr un desarrollo en ciertos sectores económicos del país.

5.5.1 Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC)

El MCPEC¹⁹, a través del programa Innova Ecuador, apoya proyectos integrales que generen un impacto en la empresa o a nivel sectorial con el objetivo de promover las condiciones de innovación para generar cambios que aumenten la productividad y mejoren la competitividad productiva del Ecuador.

La estrategia definida integra inteligentemente a sectores que han sido priorizados con las zonas de planificación, de manera de propender a un desarrollo productivo equilibrado y armónico en todas las regiones del país, generando equidad en el acceso a los factores productivos. Con esta iniciativa, el MCPEC promueve la transformación productiva con la generación de conocimiento y con el aporte a la Competitividad Sistémica del país.

¹⁹ Ministerio dedicado a promover los emprendimientos a nivel nacional en los ámbitos de entrega de fondos no reembolsables para soporte, capacitación, acompañamiento técnico, entre otras posibilidades de apoyo a los emprendimientos.

El objetivo principal de Innova Ecuador es promover y fomentar la innovación en la empresa, la diversificación productiva, y la eficiencia logística, a través del co-financiamiento de proyectos innovadores que generen bienes de uso público o externalidades. Este programa consta con dos mecanismos que son la Innovación Empresarial e Innovación Sectorial, y así poder definir el monto del financiamiento para los respectivos proyectos.

La Innovación Empresarial se basa en la creación de nuevos productos y nuevos procesos de comercialización con un monto de hasta \$50 000 por proyecto. Por otro parte, la Innovación Sectorial se refiere a la creación de nuevas tecnologías con un impacto sectorial positivo con un monto de hasta \$300 000 por proyecto. El porcentaje máximo de cofinanciamiento por parte del MCPEC es del 75 % del valor total del proyecto.

Entre los sectores priorizados preferentes a este programa se encuentran los siguientes:

- Turismo
- Alimentos Frescos y Procesados
- Energías Renovables (Bioenergía y Alternativas)
- Productos Farmacéuticos y Químicos
- Biotecnología (Bioquímica y Biomedicina)
- Servicios Ambientales
- Metalmecánica
- Tecnología: Hardware y Software
- Plásticos y Caucho Sintético
- Confecciones y Calzado
- Vehículos, Automotores, Carrocerías y Partes
- Transporte y Logística
- Construcción
- Cadena Agroforestal Sustentable y sus Productos Elaborados

Para mayor información visitar: <http://www.innovaecuador.ec/>

5.5.2 Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT)

SENESCYT²⁰ es el organismo del Estado que dirige y coordina el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales para desarrollar y ejecutar políticas nacionales en estos ámbitos. Este organismo cuenta con el Sistema de Administración de Proyectos de Investigación (SAPIV), que se encarga de la convocatoria de proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación. Este sistema tiene como objetivo impulsar el desarrollo científico y tecnológico del país, a través de financiamientos de proyectos y programas de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, en concordancia con el Plan Nacional del Buen Vivir.

Los montos de financiamiento máximo para las diferentes categorías de proyectos es la siguiente:

1. Programa de proyectos: \$ 1,5 millones.
2. Proyectos de continuación y nuevos presentados por investigadores “Senior” \$ 300 000,00.
3. Proyectos nuevos presentados por investigadores “Junior” \$ 70 000,00.

La SENESCYT aportara desde un 50 % hasta un 90 % total de la inversión dependiendo del tipo de institución o persona involucrada en el proyecto.

Las áreas de investigación a ser consideradas por el SENESCYT son las siguientes:

- Fomento Agropecuario y Desarrollo Productivo.
- Desarrollo Humano Social.

²⁰ Organismo del Estado que dirige y coordina el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales desarrollando y ejecutando las políticas nacionales en estos ámbitos.

- Biodiversidad y Medio Ambiente.
- Recursos Naturales.
- Energía.
 - Petróleo y derivados
 - Hidrogeno
 - Biocombustibles
 - Solar
 - Eólica
 - Mareomotriz
 - Geotermia
 - Optimización en el uso de combustibles fósiles
- Tecnología de la Información y Comunicación.

Para mayor información visitar: <http://www.senacyt.gob.ec/?q=node/673>

5.5.3 Corporación Financiera Nacional (CFN)

La Corporación Financiera Nacional (CFN)²¹ es una institución financiera pública, cuya misión consiste en canalizar productos financieros y no financieros alineados al Plan Nacional del Buen Vivir para servir a los sectores productivos del país. Entre los productos y servicios que ofrece la institución se encuentra el Programa de Fomento Productivo (PFP), que es un medio de fomento destinado a sectores, zonas y regiones de menor desarrollo relativo con potencial de producción.

El PFP busca llegar a sectores desatendidos por la banca, de esta manera canalizando a través de un Promotor de Programas de Desarrollo (PPD) que direccionará al beneficiario final para que siga correctamente los procesos establecidos por la CFN y acceda a un crédito que impulsará

²¹ Institución financiera pública, cuya misión consiste en canalizar productos financieros y no financieros alineados al Plan Nacional del Buen Vivir para servir a los sectores productivos del país.

la actividad económica. El PFP fue diseñado para identificar Proyectos Productivos de alto potencial e impacto, tanto social como económico.

Pueden ser PPD's, las instituciones públicas y privadas como los Gobiernos Provinciales, Municipios, Organizaciones no Gubernamentales (ONG), Universidades, entre otros; que tengan compromiso por el desarrollo productivo. La esencia del PPD se basa en el mejor aprovechamiento de los recursos endógenos de su jurisdicción, siendo un actor relevante en el desarrollo socio - económico, elevando el nivel de empleo, calidad de vida y el crecimiento económico sostenido y sustentable.

Entre los objetivos del PFP se encuentran los siguientes:

- Identificar necesidades de financiamiento en zonas y sectores de menor desarrollo relativo
- Promover Proyectos Productivos
- Contribuir a la inclusión social de las personas pertenecientes al del sector beneficiado
- Aumento del nivel competitivo del sector
- Contribuir a la generación de acuerdos comerciales
- Generar mayor producción y fuentes de empleo

Para mayor información visitar: <http://www.cfn.fin.ec/>

VI. MARCO LEGAL DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL ECUADOR

6.1 Normativa legal

El marco legal en el cual se regula el desenvolvimiento de las actividades de los biocombustibles, se resumen a continuación en un orden cronológico – secuencial con citas de los artículos más referentes:

- La Constitución Política de la República del Ecuador 1998
 - De los principios fundamentales
 - Art. 3, numeral 3: Son deberes primordiales del Estado proteger el medio ambiente.
 - Del medio ambiente
 - Art. 86, numeral 2: Se declaran de interés público y se regularán conforme a la ley la prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para estos fines deberán cumplir las actividades públicas y privadas.
 - Art. 89, numeral 1: Promover en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes.
 - Art. 89, numeral 2: Establecer estímulos tributarios para quienes realicen acciones ambientales sanas.
 - Del régimen agropecuario
 - Art. 266: Será objetivo permanente de las políticas del Estado el desarrollo prioritario, integral y sostenido de las actividades agrícola, pecuaria, acuícola, pesquera y agroindustrial, que provean productos de calidad para el mercado interno y externo, la dotación de infraestructura, la tecnificación y recuperación de

suelos, la investigación científica y la transferencia de tecnología.

- Decreto Ejecutivo No. 1215, publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de Febrero del 2001.
 - Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.
 - Art. 67, párrafo 1: Se preferirá y fomentará la producción y uso de aditivos oxigenados, tal como el etanol anhidro, a partir de materia prima renovable.

- Decreto Ejecutivo No. 2332, publicado en el Registro Oficial No. 482 del 15 de Diciembre del 2004.
 - Art. 1.- Con el objeto de reducir la contaminación ambiental; fomentar la generación de empleo mediante el desarrollo agropecuario y agroindustrial y disminuir la dependencia de las importaciones de combustibles y reemplazarlos con compuestos oxigenados provenientes de materia prima renovable, declarase de interés nacional la producción, comercialización y uso de biocarburantes como componente en la formulación de los combustibles que se consumen en el país, así como la producción agrícola destinada a la preparación de biocarburantes.
 - Art. 2.- La producción, distribución y comercialización de biocarburantes será de libre competencia y por consiguiente podrán participar en ellas las personas naturales y jurídicas de carácter público o privado, en igualdad de condiciones. La producción de biocarburantes será destinada a satisfacer prioritariamente la demanda interna de combustibles.
 - Art. 3.- Crease el Consejo Consultivo de Biocombustibles de la Presidencia de la República, organismo que desarrollará y determinará los lineamientos generales, así como la adopción de medidas necesarias para la producción,

manejo, industrialización y comercialización de biocombustibles.

- Art. 4.- El Consejo Consultivo de Biocombustibles estará conformado por los siguientes miembros:
 - a) El Presidente de la República o su delegado que será siempre el Ministro de Energías y Minas, quien lo presidirá;
 - b) El Ministro de Energías y Minas o su delegado;
 - c) El Ministro de Agricultura y Ganadería o su delegado permanente quien ejercerá la Vicepresidencia del Consejo;
 - d) El Ministro del Ambiente o su delegado permanente
 - e) El Ministro de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad o su delegado permanente;
 - f) El Presidente de la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador (UNCE) o su delegado;
 - g) Un solo delegado que representará a la Federación Nacional de Azucareros del Ecuador (FENAZUCAR) y la Asociación de Productores de Alcohol del Ecuador (APALE);
 - h) Un representante de los distribuidores de combustibles del País. Para los miembros detallados en los literales b), c) y d), los delegados serán los subsecretarios correspondientes.

El Consejo podrá invitar a participar en sus sesiones a las personas o representantes de entidades públicas o privadas, que tengan interés en el tratamiento de las temáticas del sector de biocombustibles, cuyos criterios puedan constituir aportes importantes para la búsqueda de soluciones o alternativas.

- Decreto Ejecutivo No. 146, publicado en el Registro Oficial No. 39 del 12 de Marzo del 2007.
 - Art. 1.- Sustituir el contenido del artículo 3 del Decreto Ejecutivo No. 2332 de 2 de diciembre del 2004, publicado en el Registro Oficial No. 482 de 15 de diciembre del 2004, por el siguiente:

"Artículo 3. Créase el Consejo Nacional de Biocombustibles con la misión de definir políticas y aprobar planes, programas y proyectos relacionados a la producción, manejo, industrialización y comercialización de biocombustibles.

El Consejo establecerá políticas y mecanismos de apoyo preferencial a los sectores agrícola y agro industrial, especialmente a los pequeños productores, y regulará el precio del biocombustible de que se trate."
 - Art. 2.- Sustituir el contenido del artículo 4 de dicho decreto ejecutivo, por el siguiente:

"Artículo 4. El Consejo Nacional de Biocombustibles estará conformado por los siguientes miembros:

 - a) El Ministro de Energía y Minas, quien lo presidirá;
 - b) El Ministro de Agricultura y Ganadería o su delegado;
 - c) El Ministro del Ambiente o su delegado;
 - d) El Ministro de Industrias y Competitividad o su delegado;
 - e) El Ministro de Economía y Finanzas o su delegado;
 - f) El delegado de la Federación de Azucareros del Ecuador (FENAZUCAR) y la Asociación de Productores de Alcohol del Ecuador (APALE);
 - g) El delegado de los distribuidores de combustibles del país; y,
 - h) El Delegado de la Asociación de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA).

Los delegados del sector privado asistirán a las sesiones del Consejo con derecho de voz pero no de voto.

Actuará como Secretario el Presidente Ejecutivo de PETROECUADOR. En caso de falta o ausencia, el Presidente del Consejo designará un Secretario ad-hoc.

El Consejo podrá invitar a participar en sus sesiones a las personas o representantes de entidades públicas o privadas, que tengan interés en el tratamiento de las temáticas del sector de biocombustibles, cuyos criterios puedan constituir aportes importantes para la búsqueda de soluciones o alternativas."

- Art. 3.- De la ejecución del presente decreto ejecutivo, que entrará en vigencia a partir de su expedición, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, encárguese el Ministro de Energía y Minas.

Dado en el Palacio de Gobierno, en Quito a 26 de febrero del 2007.

f.) Rafael Correa Delgado, Presidente constitucional de la República.

f.) Alberto Acosta Espinosa, Ministro de Energía y Minas.

f.) Pedro Solines Chacón, Subsecretario General de la Administración Pública.

- Constitución Política de la República del Ecuador 2008
 - Ambiente sano
 - Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.
 - Biosfera, ecología urbana y energías alternativas
 - Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así

como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto.

- Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Decreto Ejecutivo No. 1831, publicado en el Registro Oficial No. 641 del 24 de Julio del 2009.
 - Art. 1.- Transfiéranse todas las competencias que, en materia de coordinación para la producción, distribución y comercialización, posean las instituciones de la Administración Pública Central e institucional, al Ministerio de Coordinación de la Producción, Competitividad y Comercialización, con objeto de facilitar el cumplimiento de los planes, programas y proyectos que las instituciones competentes lleven a cabo para implementar una política de biocombustibles que coadyuve a la política de diversificar la matriz energética nacional, con apego a la Constitución y la ley.
 - Art. 3.- Suprímase el Consejo Nacional de Biocombustible, y en consecuencia, deróguese el Decreto Ejecutivo No. 2332, publicado en el Registro Oficial No. 482 de 15 de Diciembre del 2004, y sus reformas.

El tema de biocombustibles se lo ha venido retomando desde hace ya varios años, y el rol principal del estado ecuatoriano se ha basado en la participación y creación de los distintos reglamentos y decretos en los que se menciona la importancia del uso de los biocombustibles como energías alternativas.

VII. ANALISIS FODA

Es un tipo de análisis que sirve para examinar la interacción entre las características particulares de una empresa y el entorno en el cual ésta compete. Las fortalezas son los componentes positivos internos que sobresalen del proyecto. Las oportunidades, por otro lado son situaciones positivas externas que pueden aprovecharse una vez que se las identifica. De igual manera, es importante analizar los obstáculos que podría tener el proyecto. Las debilidades son problemas internos y las amenazas son situaciones negativas externas que puedan afectar el proyecto que deben ser superados con las estrategias adecuadas.

El análisis FODA de la planta productora de biodiesel es el siguiente:

7.1 Fortalezas

- La ubicación de la planta es estratégica debido a que se encuentra cerca de las gasolineras que comercializarán el biodiesel.
- La planta cuenta con la capacidad de crecimiento en cantidad de producción.
- El subproducto generado de la producción de biodiesel representa un ingreso adicional y la oportunidad de participar en una industria ya establecida.
- Consumidores demandan combustibles limpios.
- El biodiesel es un combustible renovable y no tóxico.

7.2 Oportunidades

- Ya existe un marco legal para la producción de biocombustibles en el Ecuador.
- Muchas empresas e instituciones están apuntando a posibles soluciones para los altos niveles de contaminación en el ambiente.
- Creación de instituciones que fomentan proyectos medioambientales.
- Tendencia creciente en el precio del petróleo.

- Posible política en el futuro de la obligación de la utilización de la mezcla de diesel de petróleo y biodiesel.
- Mayor conciencia por parte de los ciudadanos en los problemas del medio ambiente.
- Posibilidad de incluir en el proyecto a pobladores de sectores socialmente marginados cuando las potenciales fuentes de materia prima se desarrollen en el país.

7.3 Debilidades

- La palma africana es la única materia prima disponible actualmente en el Ecuador.
- Altos costos de producción.
- Bajo volumen de producción de materias primas alternativas que podrían lograr un biodiesel de menor costo.
- El hidróxido de sodio (insumo) es una sustancia considerada psicotrópica y solo se permite su uso bajo permiso del Consejo Nacional del Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas (CONSEP)²².
- En el país existen pocos especialistas quienes puedan encargarse de controlar el mantenimiento constante de la calidad del biodiesel producido.

7.4 Amenazas

- El gobierno ecuatoriano subsidia el diesel.
- Ante un aumento elevado de la demanda, se priorizarán contratos con grandes productoras.
- Puede conllevar a la deforestación por el incremento indiscriminado de cultivos para la producción de biodiesel.

²² Institución dedicada a generar y acompañar procesos participativos de prevención integral, en el tema de las drogas, con un enfoque centrado en los sujetos y su buen vivir.

- Posible disputa entre la industria del biodiesel e industria alimenticia por los aceites vegetales convencionales.

De acuerdo a este análisis, la producción de biodiesel cuenta cada vez con más incentivos por parte del gobierno por medio de la creación de ministerios y entidades dispuestas a financiar y fomentar el desarrollo de esta industria, además del interés creciente de la sociedad en general por obtener un combustible alternativo. Por el contrario, la mayor desventaja es la competencia desleal por el subsidio del diesel.

VIII. ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 Inversiones

Para la puesta en marcha de una planta productora de biodiesel, se debe tomar en cuenta la inversión en diferentes áreas (ver tabla 13) tales como el terreno y la construcción de los edificios necesarios, además de los distintos tipos de maquinarias requeridas para un óptimo proceso de producción. Se debe tener en consideración, que la planta debe ser diseñada de una manera flexible y de fácil adaptación a las condiciones fluctuantes del mercado.

El terreno cotizado para el presente trabajo comprende un área de 300 m², ubicado en la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, con un costo de \$50,00 el metro cuadrado. En cuanto a la construcción y edificación del terreno, éste estará constituido por las siguientes obras civiles:

- **Oficinas:** Contiene la parte administrativa.
- **Almacén de producción:** Instalación de maquinarias y equipos necesarios para el proceso de producción.
- **Patio de almacenamiento:** Instalación de tanques de materia prima e insumos para la producción y demás equipos y/o herramientas de seguridad para un buen control de la planta.
- **Vestidores, comedor y baño:** Área donde los empleados pueden asearse y alimentarse.
- **Laboratorio:** Lugar en el que se realizaran las mediciones de control de calidad, experimentos e investigaciones diversas para una mejora continua.
- **Estacionamiento:** Sector que permitirá el parqueo de los diversos carros y camiones que circulen diariamente.
- **Cerramiento:** Todo el terreno tendrá cerramiento dejando espacio para las vías de ingreso y salida.

Con respecto a maquinaria y equipos, la inversión dependerá en el tipo de proceso de producción y capacidad instalada. El proceso elegido para la planta es el discontinuo o de catch, con una producción anual inicial de 424 800 litros.

Los equipos a invertir necesarios para la producción de biodiesel son los siguientes:

- **Reactor:** Equipo necesario para realizar la reacción de transesterificación.
- **Tanque de metóxido:** Tanque de mezcla del metanol con el catalizador.
- **Tanque decantador y lavado:** Tanque donde ocurre la separación del biodiesel y la glicerina, y posterior lavado.
- **Tanque de almacenamiento de aceite vegetal.**
- **Tanque de almacenamiento de metanol.**
- **Tanque de almacenamiento de biodiesel terminado.**
- **Tanque de almacenamiento de glicerina cruda.**
- **Bombas de alimentación.**
- **Filtros.**
- **Tuberías.**

Aparte de los equipos involucrados directamente en el proceso de producción, se debe considerar otros equipos de planta y de oficina para el buen funcionamiento de toda la planta. Entre esos equipos tenemos:

- **Muebles y enseres:** Muebles, asientos y archivadores.
- **Equipos de computación:** Dos computadoras y dos impresoras.
- **Extintores:** Cuatro extintores repartidos para el área de producción, almacenamiento, laboratorio y oficinas.

- **Equipos de laboratorio:** Tubos de ensayo, hornilla, soporte universal y otros quipos similares indispensables para el manejo de químicos y demás sustancias.

Toda la inversión requerida para la construcción y puesta en marcha de la planta piloto productora de biodiesel asciende al valor de \$ 166 079,86.

8.2 Balance Inicial

Es el primer balance con el que se constituye e inicia las operaciones de una empresa. En este balance se registra un resumen del inventario inicial de los activos, pasivos y patrimonio.

Este proyecto cuenta con un total de \$ 166 079,86 en activos fijos, activos diferidos y activos corrientes siendo el mismo valor de la inversión inicial. El valor total del pasivo es de \$ 100 000,00, proporcionando un Patrimonio de \$ 66 079,86 ([ver tabla 14](#)).

8.3 Capital de trabajo

Se define como capital de trabajo los recursos que requiere la empresa para poder operar. Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para lograr cubrir las necesidades de materia prima, insumos, mano de obra, etc.

El capital de trabajo requerido en este proyecto es de un total de \$ 31 151,00 calculado por un mes.

8.4 Financiamiento

Financiamiento es el conjunto de recursos monetarios destinados a llevar a cabo una determinada actividad económica. Este proyecto se financiara mediante capital propio y crédito.

8.4.1 Capital Propio

Se necesitará un aporte de los accionistas de \$66 079,86 que corresponde al 40 % de la inversión total. La contribución servirá para financiar los activos circulantes, activos diferidos y un pequeño porcentaje de los activos fijos.

8.4.2 Crédito

El proyecto requiere un financiamiento de \$ 100 000,00 por parte de la CFN, que corresponde al 60 % de la inversión total. Este valor se utilizara para financiar la mayor parte de los activos fijos. Este préstamo cuenta con un periodo de gracias 6 meses y será liquidado con pagos mensuales en un periodo de 10 años con una tasa de interés del 10,94 % según tabla de amortización ([ver tabla 15](#)).

8.5 Presupuesto de costos y ventas

Realizar un presupuesto de costos y ventas es útil para estimar el programa de niveles de producción que se alcanzará cada año.

8.5.1 Costos de Producción

Son los desembolsos de pago que se generan en el proceso de transformar la materia prima en productos terminados. Los costos se clasifican en materiales directos, mano de obra directa y carga fabril.

Materiales directos: Todos aquellos elementos imprescindibles que se asocian directamente en el proceso de elaboración y transformación de un producto, y que representan un costo importante del mismo.

Para la producción de biodiesel los materiales directos seleccionados son el aceite de palma africana como materia prima representando el mayor peso ([ver gráfico 3](#)), además del NaOH, metanol, agua y electricidad como insumos.

Mano de obra directa: Valor del trabajo realizado por los obreros relacionados directamente en el proceso de producción de productos terminados.

La planta contará con dos operadores quienes se encargaran del manejo de la maquinaria y quipos involucrados en el proceso productivo. Un supervisor de planta estará encargado del control del personal, proceso de producción, materia prima y productos. Por otro lado, el personal de laboratorio será responsable del análisis y determinación de calidad de los productos (ver tabla 16).

Carga Fabril: También denominados costos indirectos, son los que no se relacionan directamente en la manufactura de un producto pero contribuyen y forman parte de los costos de producción.

La carga fabril se constituye por la mano de obra indirecta que involucra el personal administrativo (gerente general y secretaria), la depreciación anual de activos, reparación, mantenimiento y seguros de maquinaria, equipos y edificio (ver tabla 17).

Los costos de los materiales directos, mano de obra directa y carga fabril son fundamentales para determinar el precio del biodiesel obtenido en la planta, siendo lo que más influye en el costo los materiales directos (ver gráfico 4). La planta de biodiesel cuenta con una producción diaria de 1 180 litros con un costo por unidad de \$ 1,20 (ver tabla 18).

8.5.2 Ventas

Los ingresos del proyecto se dan principalmente por la venta del biodiesel, pero existen también ganancias por las ventas del subproducto generado, creándose un aumento en la rentabilidad. Según la proyección de ventas, el primer año la planta alcanzará una producción de

423 100,80 litros de biodiesel y 106 539,84 litros de glicerina, con un ingreso total por los dos productos de \$ 604 393,51(ver tabla 19).

Al final del décimo año, la producción de biodiesel llegara casi al 72 % de la capacidad total instalada de la planta (ver tabla 20).

Para determinar el nivel de ventas que se puede alcanzar cada año se debe estar pendiente de no pronosticar una producción que sobrepase la capacidad instalada de la planta.

8.5.3 Justificación de precio

Una vez determinado el costo de producción de biodiesel, se debe aumentar el margen de ganancia para la venta a la comercializadora. Este margen es del 15 % considerando el mismo margen que las comercializadores obtienen en la venta de combustibles, lo que equivale a un precio de venta de \$ 1,38 el litro.

Sobre este precio, la comercializadora a su vez aumenta su porcentaje de ganancia de aproximadamente el 10 % más el 12 % del IVA, del cual se obtiene un precio de \$ 1,70 el litro de biodiesel.

Luego de obtener el precio de la comercializadora, se debe realizar la mezcla de ambos combustibles y fijar el precio de venta al público, que es de \$ 0,42 el litro de B10 (ver tabla21).

8.6 Depreciación

La depreciación es el mecanismo en el que se reconoce la pérdida de valor o desgaste que sufre un bien durante su vida útil. En la medida que avance el tiempo, el valor del bien decrece.

Los activos se deprecian de la siguiente manera:

- **Equipos de oficina:** Depreciación anual de 33 %, con una vida útil de 3 años.
- **Vehículos:** Depreciación anual de 20 %, con una vida útil de 5 años.
- **Gastos de constitución:** Depreciación anual de 20 %, con una vida útil de 5 años.
- **Gastos de puesta en marcha:** Depreciación anual de 20 %, con una vida útil de 5 años.
- **Maquinaria y equipo de planta:** Depreciación anual de 10 %, con una vida útil de 10 años.
- **Muebles de oficina:** Depreciación anual de 10 %, con una vida útil de 10 años.
- **Equipo de laboratorio:** Depreciación anual de 10 %, con una vida útil de 10 años.
- **Edificio:** Depreciación anual de 5 %, con una vida útil de 20 años.

La depreciación anual al término del primer año es de \$ 13 629,05, dejando un valor residual de \$ 121 299,82 en activos de la empresa ([ver tabla 22](#)).

8.7 Flujo de caja

El flujo de caja es necesario para precisar los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado para lograr definir problemas de liquidez, analizar la viabilidad de proyectos de inversión y medir la rentabilidad o crecimiento del negocio.

A partir del primer año los flujos de dinero son positivos, pero es a partir del tercer año que el flujo neto empieza un crecimiento constante año a año ([ver gráfico 5](#)) con una tasa de crecimiento promedio de 5,96 %.

Con la información obtenida del flujo de caja (ver tabla 23) se obtiene la Tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) del proyecto. El TIR y VAN son parámetros utilizados al momento de determinar la viabilidad del proyecto.

8.7.1 Análisis de la Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), también conocida como tasa de rentabilidad, es un método que sirve para identificar a qué tasa se recuperará el capital asignado a la inversión. La TIR se compara con la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR), la cual es una tasa que relaciona componentes como la inflación, el interés de la institución financiera y la ganancia esperada por los inversionistas. Esta comparación se utiliza para decidir la aceptación o rechazo de la inversión realizada.

La TIR del proyecto de producción de biodiesel en una planta piloto presentado en este trabajo es de 30,88 %, mayor a la TMAR de 11 %.

8.7.2 Análisis del Valor actual neto

El valor actual neto (VAN) es un procedimiento que permite calcular los valores actualizados de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Si el VAN de un proyecto es positivo entonces el proyecto es rentable y si es nulo significa que la rentabilidad es igual que invertir en el mercado con una tasa de descuento igual a la aplicada en el proyecto.

El VAN del proyecto en esta tesis es de \$ 182 672,33, un valor positivo superior a la inversión inicial, por lo tanto es rentable, bajo las condiciones en la que se establecieron los flujos.

8.8 Estado de Pérdida y Ganancia

El estado de pérdidas y ganancias o estado de resultados es en el que se muestran los ingresos y gastos, así como la utilidad o pérdida resultante de las operaciones de la empresa dentro de un tiempo determinado.

Según el estado de resultados (ver tabla 24), en los primeros años los costos de producción representarán un alto porcentaje de los ingresos, pero año a año este porcentaje va disminuyendo dejando un mayor margen de utilidad para la planta de biodiesel con un crecimiento exponencial a partir del tercer año (ver gráfico 6).

Por otro lado, la utilidad distribuida a los empleados representa el 15 % de las ventas netas (ventas menos costos) lo cual es un porcentaje considerable tomando en cuenta el tamaño de la planta y los flujos que maneja.

8.9 Balance General

El balance general (ver tabla 25) es un estado financiero que muestra el análisis de los activos de una empresa y la proporción de intervención de los acreedores y accionistas, expresados en términos monetarios, es decir, retrata la situación contable, disponibilidad de dinero y situación de las deudas.

Los activos al inicio de operaciones de la empresa son de \$ 166 079,86 y al finalizar el décimo año el valor de los activos es menor debido a la depreciación que sufren los activos cada año, pero al mismo tiempo el patrimonio de la empresa aumenta desde \$ 66 079,86 al inicio hasta \$ 94 157,62 al final del año 10.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- Desde el punto de vista técnico, el proyecto es factible.
- Se ha demostrado que por el momento la única fuente de materia prima para la producción de biodiesel en el Ecuador es la palma africana.
- La *Jatropha Curcas* y *Recinus Communis* son plantas en pleno estudio y se presentan como una fuente alternativa importante para la producción de biodiesel en el futuro.
- El Ecuador, al igual que muchos países en el mundo, avanza cada vez más en cuanto a investigación y desarrollo en el tema del biodiesel.
- Existe mayor interés e incentivos por parte del gobierno ecuatoriano para el impulso de esta nueva industria mediante la creación de ministerios y marco legal.
- El país cuenta con la tecnología necesaria para la producción de biodiesel, pero aún necesita perfeccionamiento para asegurar que el producto cumpla con los altos estándares de calidad.
- El desarrollo de esta nueva industria ayudaría al país a dejar de depender de las importaciones de diesel, a aportar en la reducción de GEI y cumplir con el Tratado de Kioto, a la generación de nuevas fuentes de empleo y evitar la salida de divisas.
- La tendencia mundial de producción y consumo del biodiesel apunta a un rápido crecimiento, abriendo nuevas oportunidades comerciales en los mercados internacionales.

9.2 Recomendaciones

- Es importante desarrollar nuevas fuentes de materia prima aparte de la palma africana debido a los conflictos con el sector alimenticio que se podrían generar en el futuro, por ello, fomentar

fuentes alternativas como el piñón o higuera debería ser uno de los principales objetivos para los impulsores de la industria de biodiesel ya que son las fuentes que no se encuentran involucradas en la industria alimenticia.

- El Gobierno Nacional debe impulsar campañas para informar a la población acerca de los biocombustibles, beneficios y ventajas sobre los combustibles convencionales.
- Establecer la meta de mejorar el medio ambiente, no debería ser solo un objetivo del gobierno sino también de los ciudadanos en general.
- El aceite reciclado es la fuente más barata para la producción de biodiesel, por lo tanto, en el futuro el gobierno debería establecer normas y regulaciones para que los ciudadanos empiecen a reciclarlo y no a desecharlo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acidez.- Propiedad que tiene una disolución de reaccionar como un ácido.

Ácido graso.- Es una biomolécula orgánica de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.

Alcalinidad.- Es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa.

Benceno.- Hidrocarburo aromático poli-insaturado de fórmula molecular C_6H_6 , con forma de anillo (se le llama anillo bencénico, o aromático, ya que posee un olor característico) y puede considerarse una forma poli insaturada del ciclohexano.

Biomasa.- Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Catalizador.- Es una sustancia que está presente en una reacción química en contacto físico con los reactivos, y acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma.

Cultivo oleaginoso.- Son aquellos que producen semillas o frutos que se utilizan para producir aceites, ya sea comestibles, como el girasol, el maní, el maíz, la colza; o industriales como el lino que se utiliza en pinturas, etc.

Destilación.- Operación de separar, mediante vaporización y condensación, los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias.

Di glicéridos.- Glicerol con dos moléculas de ácidos grasos.

Ésteres.- Compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico reemplaza a un átomo de hidrógeno (o más de uno) en un ácido oxigenado.

Farmacológico.- De farmacología, es la ciencia que estudia el origen, las acciones y las propiedades que las sustancias químicas ejercen sobre los organismos vivos.

Gasóleo.- También denominado gasoil o diesel, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m^3 ($0,850 \text{ g/cm}^3$).

Glicéridos.- Constituidos por ácidos grasos de alta masa molecular y alcoholes trihidroxilados como el propanotriol, glicerol o glicerina.

Homogenización.- Término empleado en muchos campos tales como la Química, Ciencias agrícolas, Tecnología de los Alimentos, sociología y biología celular. La homogeneización es un término que connota un proceso por el que se hace que una mezcla presente las mismas propiedades en toda la sustancia, por regla general en la tecnología de los alimentos se entiende que se realiza una mejora en la calidad final del producto.

Ignición.- Ocurre cuando el calor que emite una reacción llega a ser suficiente como para sostener la reacción química.

Inflamabilidad.- Facilidad con la cual una sustancia encenderá, causando fuego o combustión.

Lipasas.- Enzima ubicua que se usa en el organismo para disgregar las grasas de los alimentos de manera que se puedan absorber.

Lípidos.- Conjunto de moléculas orgánicas, la mayoría biomolécula, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno, aunque también pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno, que tienen como característica principal el ser hidrofóbicas o insolubles en agua y sí en solventes orgánicos como la bencina, el alcohol, el benceno y el cloroformo.

Metóxido.- Son sales orgánicas, son los alcóxidos más simples.

Mol.- Unidad con que se mide la cantidad de sustancia, una de las siete magnitudes físicas fundamentales del Sistema Internacional de Unidades.

Mono glicéridos.- Están compuestos por un glicérido unido covalentemente a una cadena de ácidos grasos a través de un enlace éster.

Monóxido de carbono. – Gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados.

Pistón.- Émbolo que se ajusta al interior de las paredes del cilindro de un motor de combustión.

Reactor discontinuo.- Se utilizan principalmente para determinar parámetros de la ley de velocidad para reacciones homogéneas.

Refinación. – Proceso de purificación de una sustancia química obtenida muchas veces a partir de un recurso natural.

Relación Estequiométrica. – Cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos de una reacción química.

Relación molar. – Método para resolver problemas estequiométrica. Es una relación entre la cantidad de moles de dos especies cualesquiera que intervengan en una reacción química.

Solvente.- Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno.

Toxicidad. – Medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos.

Transesterificación.- Proceso químico en el cual usando alcohol en presencia de un catalizador, se rompe químicamente la molécula del triglicérido, reemplazando los glicéridos del aceite por el alcohol, formando un éster graso y obteniendo glicerol como subproducto.

Triglicérido.- Tipo de lípidos, formados por una molécula de glicerol, que tiene esterificados sus tres grupos hidroxilo por tres ácidos grasos, saturados o insaturados.

Viscosidad.- Propiedad de un fluido a las deformaciones tangenciales.

BIBLIOGRAFIA

Agropecuarias, I. N. (2006). *Institutos Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. Recuperado el 16 de Enero de 2010, de <http://www.iniap-ecuador.gov.ec/>

ANCUPA. (s.f.). *Asociación Nacional de Cultivadores de la Palma Aceitera*. Recuperado el 18 de Octubre de 2010, de <http://www.ancupa.com/index.shtml>

Arbelaez Marín, A. M., & Rivera Quiroz, M. P. (2007). *Diseño conceptual de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de algunos aceites vegetales colombianos*. Medellín, Colombia.

Ávila, A. (16 de Septiembre de 2010). Ingeniero. (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

Belén, A. (21 de Noviembre de 2009). *No Biodiesel*. Recuperado el 2010 de Mayo de 2010, de <http://www.eco2site.com/informes/biodiesel-m.asp>

Biodisol. (17 de Noviembre de 2008). Recuperado el 16 de Diciembre de 2009, de <http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/la-produccion-de-biodiesel-materias-primas-procesos-calidad/>

Cultivos energéticos, B. (2008). *Cultivos energéticos*. Recuperado el 27 de Junio de 2010, de <http://www.jatrofahacurcasweb.com.ar/semillas.php>

Ecuador, B. C. (2009). *Banco Central del Ecuador*. Recuperado el 24 de Marzo de 2010, de <http://www.bce.fin.ec/>

ERGAL. (2009). *Energías Rebovables para Galápagos*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2010, de <http://www.ergal.org/cms.php?c=1272>

FEDEPAL. (s.f.). *Fundación de fomento de exportaciones de aceite de palma y sus derivados de origen nacional*. Recuperado el 25 de Octubre de 2010, de <http://www.fedapal.com/>

Francisco. (17 de Noviembre de 2009). Cadena. (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

Garzón, E. (10 de Diciembre de 2010). Gerente General Olytrasa. (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

IICA. (s.f.). Recuperado el 14 de Octubre de 2010, de Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura: <http://www.iica.int/Esp/Paginas/default.aspx>

Jaramillo, V. (7 de Diciembre de 2009). (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

Junior, S., Paul, R. L., San Gil, M. G., Elizabeth, R., & Rosane, A. L. (27 de Agosto de 2010). *Biodisol*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2010, de <http://www.biodisol.com/biocombustibles/biodiesel/transesterificacion-biodiesel-de-aceites-vegetales-catalizada-por-acidos-biocombustibles-investigacion-e-innovacion/>

Lapo, M. (13 de Noviembre de 2009). Ingeniero. (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

Larosa, I. R. (Marzo de 2001). *Cedecap*. Recuperado el 23 de Mayo de 2010, de http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/46bib_arch.pdf

López, J. C. (25 de Agosto de 2010). Ingeniero. (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

Márquez, R. V. (19 de Octubre de 2005). *Biodiesel*. Recuperado el 15 de Marzo de 2010, de <http://selvadedoramas.blogia.com/2005/102103-las-emisiones-de-co2-se-reducen-en-un-80-por-ciento-en-los-vehiculos-con-biodies.php>

Meyer, I. J. (2011). *Petróleos Paraguayos*. Recuperado el 15 de Enero de 2011, de <http://www.petropar.gov.py/biodiesel.php>

Miliarium Aureum, S.L. (2004). Recuperado el 18 de Agosto de 2010, de <http://www.miliarium.com/monografias/Biocombustibles/Biodiesel/BiodieseI.asp>

Ortiz, J. C. (Marzo de 2011). <http://estudioeconomicos.com.co/>. Recuperado el 25 de Marzo de 2011, http://estudioeconomicos.com.co/ane-xotemas/25c_pa%u00f1ma_intenacional_03_2011_v6.pdf.

Proaño, I. O. (s.f.). *Propiedades y Procesamiento del Piñón para Biocombustibles*. Recuperado el 10 de Abril de 2010, de <http://www.epn.edu.ec/bio2008/Documentos/Oswaldo%20Proa%F1o%20-%20EPN.pdf>

Recalde, E., & Durán, J. (2009). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra*. Recuperado el 18 de Agosto de 2010, de <http://www.pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf>

Robinson, A. (30 de Marzo de 2010). *Lavanguardia.com*. Recuperado el 12 de Octubre de 2010, de <http://www.lavanguardia.com/economia/noticias/20100330/53899197480/nuevos-indicios-del-fin-de-la-era-petrolera>

Silva, J., Paul, R., San Gil, M., & Rosane, A. L. (27 de Agosto de 2010). *Biodisol*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2010, de <http://www.biodisol.com/biocombustibles/biodiesel/transesterificacion-biodiesel-de-aceites-vegetales-catalizada-por-acidos-biocombustibles-investigacion-e-innovacion/>

Tandazo, O. (15 de Octubre de 2010). (N. Alarcón, & R. Guayaquil, Entrevistadores)

UE importa más aceite de soja para biodiésel. (26 de Julio de 2006). 1. Hamburgo, Alemania, Unión Europea. Obtenido de <http://www.agricola.biz/noticia/3957-UE-importa-mas-aceite-de-soja-para-biodiesel>

ANEXOS

ANEXOS DE TABLAS

Tabla 1. Comparación físico-química del biodiesel y el diesel

Datos físico - químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico ac. Grasos C ₁₂ -C ₂₂	Hidrocarburo C ₁₀ -C ₂₁
Poder calorífico inferior, kcal/kg (aprox.)	9500	10800
Viscosidad cinemática, cst (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso específico, g/cm ³	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0,2
Punto ebullición, °C	190 - 340	180 - 335
Punto inflamación, °C	120 - 170	60 - 80
Punto escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetanos	48 - 60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

Fuente: LAROSA, Rodolfo. *Proceso para la producción de BIODIESEL (metilester o esteres metílicos de ácidos grasos)*. <http://www.biodiesel-uruguay.com/articulos/Biod-rev2.pdf>

Elaborado por: Rodolfo Larosa

Tabla 2. Proyección de mayores exportadores e importadores de biodiesel 2011 – 2019 (Millones de litros)

Exportadores/Años	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Argentina	936	996	1,025	1,036	1,037	1,031	1,023	1,014	1,003
Brasil	87	180	240	274	288	286	272	249	219
Indonesia	84	91	98	108	120	135	156	183	218
Malasia	320	345	360	366	370	372	374	375	375
Estados Unidos	20	8	44	76	79	95	184	314	463
TOTAL	1,448	1,621	1,768	1,86	1,893	1,919	2,009	2,134	2,28
Importadores/Años	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Unión Europea	1,261	1,439	1,587	1,677	1,711	1,74	1,836	1,966	2,116
Japón	56	55	56	58	58	57	55	52	50
Resto del Mundo	130	127	125	125	124	122	118	115	113
TOTAL	1,448	1,621	1,768	1,86	1,893	1,919	2,009	2,134	2,28

Fuente: <http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2010/text/15Biofuels.pdf>

Elaborado por: Instituto de Investigación de Política Agraria y de Alimentos de EUA

Tabla 3. Parámetros y especificaciones de calidad

Parámetro	Unidad	Especificaciones	
		EN 14214 (Europa)	A.S.T.M D 6751
Contenido de esteres	% masa	Mín. 96,5	----
Densidad a 15°C	g/cm ³	0,86 - 0,90	----
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	3,50 – 5,00	1,90 – 6,00
Punto de inflamación	°C	Mín. 120	Mín. 130
Punto de obstrucción de filtro frío (P.O.F.F.)	°C verano	Máx. 0	----
	°C invierno	Máx. -20	----
Azufre total	% masa	Máx. 0,001	Máx. 0,05
Residuo carbonoso Conradson al 100%	% masa	Máx. 0,05	Máx. 0,05
Número de cetano	----	Mín. 51	Mín. 47
Contenido de cenizas	% masa	Máx. 0,03	Máx. 0,02
Contenido de agua	mg/kg	Máx. 500	----
Agua y sedimentos	% volumen	----	Máx. 0,05
Corrosión al cobre (3h/50 °C)	Grado de corrosión	Máx. 1	Máx. 3
Estabilidad a la oxidación	Horas	Mín. 6	----
Índice de acidez	mg KOH/ g	Máx.0,50	Máx. 0,80
Contenido de metanol	% masa	Máx. 0,20	----
Contenido de mono glicéridos	% masa	Máx. 0,80	----
Contenido de di glicéridos	% masa	Máx. 0,20	----
Contenido de triglicéridos	% masa	Máx. 0,20	----
Glicerol libre	% masa	Máx. 0,02	Máx. 0,02
Glicerol ocluido	% masa	Máx. 0,23	----
Glicerol total	% masa	Máx. 0,25	Máx. 0,24
Índice de yodo	----	Máx. 120	----
Fósforo	Ppm.	Máx. 10	Máx. 10
Sales Metálicas (Na + K)	mg/kg	Máx. 5	----

Fuente: <http://www.biodiesel-fuel.co.uk/biodiesel-standards/>

Elaborado por: Los autores

Tabla 4. Área de palma africana sembrada por bloque

Bloque	Provincias	Área (ha)
Bloque Occidental	-Bolívar -Cotopaxi -Los Ríos -Manabí -Pichincha -Esmeraldas (Sur) -Zonas no delimitadas (La Concordia, Las Golondrinas y Manga del Cura)	171 952,91
Bloque San Lorenzo	-Esmeraldas (Norte)	18 266,89
Bloque Oriental	-Sucumbíos -Orellana	15 187,31
Bloque Guayas	-Guayas	1 878,20
TOTAL	13	207 285,31

Fuente: La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA).

<http://www.ancupa.com/index.shtml>

Elaborado por: ANCUPA

Tabla 5. Áreas (ha) sembradas por provincias

Provincias	Áreas (ha)	Palmicultores
Esmeraldas	61 452,13	61 452,13
Pichincha	34 201,27	34 201,27
Los Ríos	33 508,88	33 508,88
Bolívar	191,2	191,2
Cotopaxi	1 525,10	1 525,10
Manabí	1 607,50	1 607,50
La Concordia	28 476,15	28 476,15
Las Golondrinas	4 070,38	4 070,38
Manga del Cura	6 920,30	6 920,30
Orellana	5 068,74	5 068,74
Sucumbíos	10 118,57	10 118,57
Guayas	1 878,20	1 878,20
San Lorenzo	18 266,89	18 266,89
TOTAL	207 285,31	207 285,31

Fuente: La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA).

<http://www.ancupa.com/index.shtml>

Elaborado por: ANCUPA

Tabla 6. Producción, consumo y excedente del aceite de palma africana

Años	Producción Nacional	Consumo Nacional	Excedente
	TM	TM	TM
2000	222 195,50	197 540,50	24 655,00
2001	205 396,46	180 016,46	25 380,00
2002	238 126,34	198 836,34	39 290,00
2003	261 932,15	200 203,15	61 729,00
2004	279 152,03	197 797,64	81 354,39
2005	319 338,16	180 644,36	138693,80
2006	352 120,40	204 039,41	148 080,99
2007	396 301,40	191 755,40	204 546,00
2008	418 379,20	200 000,00	218 379,20
2009	447 667,00	200 067,00	247 600,00

Fuente: La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA).

<http://www.ancupa.com/index.shtml>

Elaborado por: ANCUPA

Tabla 7. Precios referenciales nacionales promedio de palma africana (2000 – 2009)

Año	Precio Aceite	Precio Fruta	
	Ecuador	Quinindé	Quevedo
2000	\$ 349,49	\$ 59,41	\$ 57,67
2001	\$ 392,50	\$ 66,73	\$ 64,76
2002	\$ 433,08	\$ 73,62	\$ 71,46
2003	\$ 496,36	\$ 84,38	\$ 81,90
2004	\$ 510,67	\$ 86,81	\$ 84,26
2005	\$ 459,67	\$ 78,14	\$ 75,85
2006	\$ 470,33	\$ 79,96	\$ 77,61
2007	\$ 706,42	\$ 120,09	\$ 116,56
2008	\$ 947,92	\$ 161,15	\$ 156,41
2009	\$ 663,00	\$ 113,90	\$ 110,55

Fuente: La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA).

<http://www.ancupa.com/index.shtml>

Elaborado por: ANCUPA

Tabla 8. Rendimiento de biodiesel de cultivos oleaginosos

Cultivo	Biodiesel lts/ha
Palma Africana	4 000 – 5 000
Colza	900 – 1 300
Soya	300 – 600
Girasol	600 – 1 000
<i>Recinus Communis</i>	1 000 – 1 200
<i>Jatropha Curcas</i>	800 – 2000

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

<http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroenergia/Documentos%20Agroenergia%20y%20Biocombustibles/Preguntas%20y%20respuestas%20m%C3%A1s%20frecuentes%20sobre%20biocombustibles.pdf>

Elaborado por: IICA

Tabla 9. Disponibilidad de piñón en cercas vivas de Manabí

Zona	Árida	Seca	Semi-húmeda	TOTAL
Cerca Viva km	662	1 292	4 876	6 830
Semilla/año (Ton)	662	2 584	14 628	17 874
Aceite/año (Ton)	199	775	4 388	5 362

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

<http://www.ergal.org/cms.php?c=1272>

Elaborado por: IICA

Tabla 10. Estadísticas de Soya en el Ecuador (2009)

Producción de Soya	
Año	Total TM
2005	82 661,95
2006	122 863,02
2007	82 580,20
2008	171 089,84
2009	192 256,06

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP).
Elaborado por: MAGAP

Tabla 11. Matriz de Vester

	DESCRIPCIÓN	A	B	C	D	E	F	TOTAL ACTIVOS
A	Producción	3	3	2	0	1	1	7
B	Disponibilidad	0	3	3	0	3	0	6
C	Precio	0	2	3	0	3	0	5
D	Rendimiento	2	1	0	3	0	0	3
E	Impacto Industria Alimenticia	0	2	1	0	3	0	3
F	Impacto ambiental	1	0	0	0	0	3	1
	TOTAL PASIVOS	3	8	6	0	7	1	

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 12. Cuadro comparativo entre los cultivos oleaginosos

	Producción	Disponibilidad	Precio USD (lts)	Rendimiento Biodiesel (lts/ha)	Impacto Industria Alimenticia	Impacto Ambiental
Palma Africana	Superficie sembrada 240 000 ha	Excedentes disponible para biodiesel de 247 600 TM	1,05	4 000 a 5 000	Desequilibrio en la demanda	Arrasar con vegetación
	Producción 2009 de 447 667 TM				Alza de precios	Gran cantidad de químicos
Jatropha Curcas	7 000 km de cerca viva	Aceite no disponible para biodiesel	1,10	800 a 1 000	Planta toxica no apta para el consumo humano	Uso en áreas deforestadas
	Producción estimada de 5 362 TM al año					Se evita la deforestación
Recinus Communis	No existen áreas sembradas	Bajos niveles de disponibilidad para biodiesel	1,35	1 000 a 1 200	No tiene gran efecto en la industria	Uso en áreas deforestadas
	Producción escaza o nula				Mayor uso industrial	Se evita la deforestación
Soya	Superficie Sembrada 57 483 ha	Aceite no disponible para biodiesel	1,70	301 a 600	Desequilibrio en la demanda	Tala de bosques
	Producción promedio de 101 686 ha anuales				Alza de precios	Degradación de suelo
						Mayor uso de plaguicidas y agroquímicos
						Deforestación

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 13. Inversión inicial

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Subtotal	Valor total
ACTIVOS CIRCULANTES				
				\$ 31 151,00
Caja - Bancos	1	\$ 31 151,00	\$ 31 151,00	
ACTIVOS FIJOS				
Terreno	m2			\$ 12 000,00
Terreno	300	\$ 40,00	\$ 12 000,00	
Construcción y edificación	m ²			\$ 40 440,00
Oficinas	20	\$ 240,00	\$ 4 800,00	
Almacén de Producción	55	\$ 180,00	\$ 9 900,00	
Patio de Almacenamiento	65	\$ 180,00	\$ 11 700,00	
Vestidor, Comedor y Baño	48	\$ 105,00	\$ 5 040,00	
Laboratorio	12	\$ 125,00	\$ 1 500,00	
Estacionamiento	100	\$ 45,00	\$ 4 500,00	
Cerramiento	50	\$ 60,00	\$ 3 000,00	
Maquinaria de planta	Unidades			\$ 55 615,46
Reactor	1	\$ 19 200,00	\$ 19 200,00	
Tanque de Metóxido	1	\$ 1 540,00	\$ 1 540,00	
Tanque Decantador y Lavado	1	\$ 1 900,00	\$ 1 900,00	
Tanque de Almacenamiento Biodiesel	1	\$ 4 500,00	\$ 4 500,00	
Tanque de Almacenamiento Aceite Vegetal	1	\$ 3 450,00	\$ 3 450,00	
Tanque de Almacenamiento Metanol	1	\$ 4 532,10	\$ 4 532,10	
Tanque de Almacenamiento Glicerina	1	\$ 1 560,00	\$ 1 560,00	
Bombas	5	\$ 2 500,00	\$ 12 500,00	
Filtros	3	\$ 950,00	\$ 2 850,00	
Tuberías (1 metro)	16	\$ 223,96	\$ 3 583,36	
Equipos de planta	Unidades			\$ 267,26
Escalera Aluminio Tijera 1,52 m Werner	1	\$ 54,90	\$ 54,90	
Gafas de protección	6	\$ 0,99	\$ 5,94	
Casco	4	\$ 4,49	\$ 17,96	
Mascarillas	6	\$ 1,99	\$ 11,94	
Extintor	4	\$ 26,99	\$ 107,96	
Caja de herramientas	1	\$ 17,68	\$ 17,68	
Chaleco reflectivo	6	\$ 5,99	\$ 35,94	
Guantes	3	\$ 4,98	\$ 14,94	
Equipos de oficina	Unidades			\$ 1 888,21
Computadora core 2 duo 2,93Ghz Viltex	2	\$ 499,99	\$ 999,98	
Impresora Láser Monocromo hasta 16 ppm - ML-1630	1	\$ 326,35	\$ 326,35	
Dispensador de Agua	1	\$ 89,99	\$ 89,99	
Radio Motorola	3	\$ 55,00	\$ 165,00	
Teléfono Convencional	1	\$ 19,99	\$ 19,99	
Fax	1	\$ 286,90	\$ 286,90	

Muebles y enseres de oficina	Unidades			\$ 1 063,37
Escritorio oficina	2	\$ 130,00	\$ 260,00	
Silla Escritorio	2	\$ 89,99	\$ 179,98	
Silla Oficina	4	\$ 29,99	\$ 119,96	
Archivador	1	\$ 80,00	\$ 80,00	
Aire Acondicionado 12.000 BTU - Realtech	1	\$ 299,00	\$ 299,00	
Mesa Plástica	2	\$ 19,99	\$ 39,98	
Sillas Plásticas	4	\$ 5,99	\$ 23,96	
Inodoro	1	\$ 49,00	\$ 49,00	
Pedestal (lavamanos)	1	\$ 11,49	\$ 11,49	
Equipos de laboratorio	Unidades			\$ 478,80
Tubo de ensayo	5	\$ 1,60	\$ 8,00	
Gradilla	1	\$ 5,00	\$ 5,00	
Embudo de decantación	5	\$ 33,15	\$ 165,75	
Soporte Universal	3	\$ 17,60	\$ 52,80	
Matraz 500 ml	3	\$ 15,45	\$ 46,35	
Hornilla eléctrica	1	\$ 34,90	\$ 34,90	
Tintómetro	1	\$ 35,00	\$ 35,00	
Termómetro	1	\$ 22,00	\$ 22,00	
Balone de grasa	1	\$ 44,00	\$ 44,00	
Extractor de Soxhlet	1	\$ 29,00	\$ 29,00	
Bureta	2	\$ 18,00	\$ 36,00	
Vehículo	Unidades			\$ 19 595,00
Camioneta LUV D MAX Diesel	1	\$ 19595,00	\$ 19 595,00	
ACTIVOS DIFERIDOS				
				\$ 3 580,77
Gastos de Constitución	1	\$ 800,00	\$ 800,00	
Gastos de puesta en marcha de maquinaria	1	\$ 2 780,77	\$ 2.780,77	
TOTAL INVERSIÓN				\$ 166079,86

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 14. Balance inicial

BALANCE INICIAL			
ACTIVO		PASIVO	
ACTIVO CORRIENTE		PASIVO CORRIENTE	
Caja - Bancos	\$ 31 151,00	Cuentas por pagar	\$ 0,00
	<u>\$ 31151,00</u>	Documentos por pagar	<u>\$ 0,00</u>
			<u>\$ 0,00</u>
ACTIVO FIJO		PASIVO NO CORRIENTE	
Equipos de oficina	\$ 1 888,21	Préstamo Institución financiera	<u>\$ 100 000,00</u>
Vehículo	\$ 19 595,00		<u>\$ 100 000,00</u>
Maquinaria	\$ 55 615,46		
Equipo de planta	\$ 267,26		
Muebles de oficina	\$ 1 063,37		
Equipo de laboratorio	\$ 478,80	PATRIMONIO	
Edificio	<u>\$ 52 440,00</u>	Capital	<u>\$ 66 079,86</u>
	<u>\$ 131 348,09</u>		<u>\$ 66 079,86</u>
ACTIVOS DIFERIDOS			
Gastos de constitución	\$ 800,00		
Gastos de puesta en marcha	<u>\$ 2 780,77</u>		
	<u>\$ 3 580,77</u>		
TOTAL ACTIVOS	\$ 166 079,86	TOTAL PASIVO + PATRIMONIO	\$ 166 079,86

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 15. Amortización

Institución:	Corporación Financiera Nacional		Monto (USD)	100 000,00			
Beneficiario:	Oleadiesel S.A.		Tasa de interés	10,94%			
Destino :	ACTIVOS FIJOS Y DIFERIDOS		Plazo (años)	10			
No. días por periodo	30		No. períodos	120			
			Períodos de gracia	6			
			Períodos de amortización	114			
			Terminación per. gracia	28-jan-11			
			Fecha inicio préstamo	01-ago-11			
			Fecha vencimiento préstamo	9-jun-21			
No.	Fecha de vencimiento	Cuota (amortización de capital)	Saldo	Interés	Dividendo	Interés anual	Amortización anual
-							
1	31-Aug-11	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
2	30-Sep-11	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
3	30-Oct-11	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
4	29-Nov-11	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
5	29-Dec-11	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
6	28-Jan-12	-	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 911,25		
7	27-Feb-12	\$ 877,19	\$ 100 000,00	\$ 911,25	\$ 1 788,44		
8	28-Mar-12	\$ 877,19	\$ 99 122,81	\$ 903,26	\$ 1 780,45		
9	27-Apr-12	\$ 877,19	\$ 98 245,61	\$ 895,26	\$ 1 772,45		
10	27-May-12	\$ 877,19	\$ 97 368,42	\$ 887,27	\$ 1 764,46		

11	26-Jun-12	\$ 877,19	\$ 96 491,23	\$ 879,28	\$ 1 756,47		
12	26-Jul-12	\$ 877,19	\$ 95 614,04	\$ 871,28	\$ 1 748,47	\$ 10 815,10	\$ 5 263,16
13	25-Aug-12	\$ 877,19	\$ 94 736,84	\$ 863,29	\$ 1 740,48		
14	24-Sep-12	\$ 877,19	\$ 93 859,65	\$ 855,30	\$ 1 732,49		
15	24-Oct-12	\$ 877,19	\$ 92 982,46	\$ 847,30	\$ 1 724,49		
16	23-Nov-12	\$ 877,19	\$ 92 105,26	\$ 839,31	\$ 1 716,50		
17	23-Dec-12	\$ 877,19	\$ 91 228,07	\$ 831,32	\$ 1 708,51		
18	22-Jan-13	\$ 877,19	\$ 90 350,88	\$ 823,32	\$ 1 700,51		
19	21-Feb-13	\$ 877,19	\$ 89 473,68	\$ 815,33	\$ 1 692,52		
20	23-Mar-13	\$ 877,19	\$ 88 596,49	\$ 807,34	\$ 1 684,53		
21	22-Apr-13	\$ 877,19	\$ 87 719,30	\$ 799,34	\$ 1 676,53		
22	22-May-13	\$ 877,19	\$ 86 842,11	\$ 791,35	\$ 1 668,54		
23	21-Jun-13	\$ 877,19	\$ 85 964,91	\$ 783,36	\$ 1 660,55		
24	21-Jul-13	\$ 877,19	\$ 85 087,72	\$ 775,36	\$ 1 652,55	\$ 9 831,92	\$ 10 526,32
25	20-Aug-13	\$ 877,19	\$ 84 210,53	\$ 767,37	\$ 1 644,56		
26	19-Sep-13	\$ 877,19	\$ 83 333,33	\$ 759,38	\$ 1 636,57		
27	19-Oct-13	\$ 877,19	\$ 82 456,14	\$ 751,38	\$ 1 628,57		
28	18-Nov-13	\$ 877,19	\$ 81 578,95	\$ 743,39	\$ 1 620,58		
29	18-Dec-13	\$ 877,19	\$ 80 701,75	\$ 735,39	\$ 1 612,58		
30	17-Jan-14	\$ 877,19	\$ 79 824,56	\$ 727,40	\$ 1 604,59		
31	16-Feb-14	\$ 877,19	\$ 78 947,37	\$ 719,41	\$ 1 596,60		
32	18-Mar-14	\$ 877,19	\$ 78 070,18	\$ 711,41	\$ 1 588,60		
33	17-Apr-14	\$ 877,19	\$ 77 192,98	\$ 703,42	\$ 1 580,61		
34	17-May-14	\$ 877,19	\$ 76 315,79	\$ 695,43	\$ 1 572,62		
35	16-Jun-14	\$ 877,19	\$ 75 438,60	\$ 687,43	\$ 1 564,62		
36	16-Jul-14	\$ 877,19	\$ 74 561,40	\$ 679,44	\$ 1 556,63	\$ 8 680,85	\$ 10 526,32
37	15-Aug-14	\$ 877,19	\$ 73 684,21	\$ 671,45	\$ 1 548,64		
38	14-Sep-14	\$ 877,19	\$ 72 807,02	\$ 663,45	\$ 1 540,64		

39	14-Oct-14	\$ 877,19	\$ 71 929,82	\$ 655,46	\$ 1 532,65		
40	13-Nov-14	\$ 877,19	\$ 71 052,63	\$ 647,47	\$ 1 524,66		
41	13-Dec-14	\$ 877,19	\$ 70 175,44	\$ 639,47	\$ 1 516,66		
42	12-Jan-15	\$ 877,19	\$ 69 298,25	\$ 631,48	\$ 1 508,67		
43	11-Feb-15	\$ 877,19	\$ 68 421,05	\$ 623,49	\$ 1 500,68		
44	13-Mar-15	\$ 877,19	\$ 67 543,86	\$ 615,49	\$ 1 492,68		
45	12-Apr-15	\$ 877,19	\$ 66 666,67	\$ 607,50	\$ 1 484,69		
46	12-May-15	\$ 877,19	\$ 65 789,47	\$ 599,51	\$ 1 476,70		
47	11-Jun-15	\$ 877,19	\$ 64 912,28	\$ 591,51	\$ 1 468,70		
48	11-Jul-15	\$ 877,19	\$ 64 035,09	\$ 583,52	\$ 1 460,71	\$ 7 529,80	\$ 10 526,32
49	10-Aug-15	\$ 877,19	\$ 63 157,89	\$ 575,53	\$ 1 452,72		
50	09-Sep-15	\$ 877,19	\$ 62 280,70	\$ 567,53	\$ 1 444,72		
51	09-Oct-15	\$ 877,19	\$ 61 403,51	\$ 559,54	\$ 1 436,73		
52	08-Nov-15	\$ 877,19	\$ 60 526,32	\$ 551,55	\$ 1 428,74		
53	08-Dec-15	\$ 877,19	\$ 59 649,12	\$ 543,55	\$ 1 420,74		
54	07-Jan-16	\$ 877,19	\$ 58 771,93	\$ 535,56	\$ 1 412,75		
55	06-Feb-16	\$ 877,19	\$ 57 894,74	\$ 527,57	\$ 1 404,76		
56	07-Mar-16	\$ 877,19	\$ 57 017,54	\$ 519,57	\$ 1 396,76		
57	06-Apr-16	\$ 877,19	\$ 56 140,35	\$ 511,58	\$ 1 388,77		
58	06-May-16	\$ 877,19	\$ 55 263,16	\$ 503,59	\$ 1 380,78		
59	05-Jun-16	\$ 877,19	\$ 54 385,96	\$ 495,59	\$ 1 372,78		
60	05-Jul-16	\$ 877,19	\$ 53 508,77	\$ 487,60	\$ 1 364,79	\$ 6 378,76	\$ 10 526,32
61	04-Aug-16	\$ 877,19	\$ 52 631,58	\$ 479,61	\$ 1 356,80		
62	03-Sep-16	\$ 877,19	\$ 51 754,39	\$ 471,61	\$ 1 348,80		
63	03-Oct-16	\$ 877,19	\$ 50 877,19	\$ 463,62	\$ 1 340,81		
64	02-Nov-16	\$ 877,19	\$ 50 000,00	\$ 455,63	\$ 1 332,82		
65	02-Dec-16	\$ 877,19	\$ 49 122,81	\$ 447,63	\$ 1 324,82		
66	01-Jan-17	\$ 877,19	\$ 48 245,61	\$ 439,64	\$ 1 316,83		

67	31-Jan-17	\$ 877,19	\$ 47 368,42	\$ 431,64	\$ 1 308,83		
68	02-Mar-17	\$ 877,19	\$ 46 491,23	\$ 423,65	\$ 1 300,84		
69	01-Apr-17	\$ 877,19	\$ 45 614,04	\$ 415,66	\$ 1 292,85		
70	01-May-17	\$ 877,19	\$ 44 736,84	\$ 407,66	\$ 1 284,85		
71	31-May-17	\$ 877,19	\$ 43 859,65	\$ 399,67	\$ 1 276,86		
72	30-Jun-17	\$ 877,19	\$ 42 982,46	\$ 391,68	\$ 1 268,87	\$ 5 227,70	\$ 10 526,32
73	30-Jul-17	\$ 877,19	\$ 42 105,26	\$ 383,68	\$ 1 260,87		
74	29-Aug-17	\$ 877,19	\$ 41 228,07	\$ 375,69	\$ 1 252,88		
75	28-Sep-17	\$ 877,19	\$ 40 350,88	\$ 367,70	\$ 1 244,89		
76	28-Oct-17	\$ 877,19	\$ 39 473,68	\$ 359,70	\$ 1 236,89		
77	27-Nov-17	\$ 877,19	\$ 38 596,49	\$ 351,71	\$ 1 228,90		
78	27-Dec-17	\$ 877,19	\$ 37 719,30	\$ 343,72	\$ 1 220,91		
79	26-Jan-18	\$ 877,19	\$ 36 842,11	\$ 335,72	\$ 1 212,91		
80	25-Feb-18	\$ 877,19	\$ 35 964,91	\$ 327,73	\$ 1 204,92		
81	27-Mar-18	\$ 877,19	\$ 35 087,72	\$ 319,74	\$ 1 196,93		
82	26-Apr-18	\$ 877,19	\$ 34 210,53	\$ 311,74	\$ 1 188,93		
83	26-May-18	\$ 877,19	\$ 33333,33	\$ 303,75	\$ 1 180,94		
84	25-Jun-18	\$ 877,19	\$ 32 456,14	\$ 295,76	\$ 1 172,95	\$ 4 076,64	\$ 10 526,32
85	25-Jul-18	\$ 877,19	\$ 31 578,95	\$ 287,76	\$ 1 164,95		
86	24-Aug-18	\$ 877,19	\$ 30 701,75	\$ 279,77	\$ 1 156,96		
87	23-Sep-18	\$ 877,19	\$ 29 824,56	\$ 271,78	\$ 1 148,97		
88	23-Oct-18	\$ 877,19	\$ 28 947,37	\$ 263,78	\$ 1 140,97		
89	22-Nov-18	\$ 877,19	\$ 28 070,18	\$ 255,79	\$ 1 132,98		
90	22-Dec-18	\$ 877,19	\$ 27 192,98	\$ 247,80	\$ 1 124,99		
91	21-Jan-19	\$ 877,19	\$ 26 315,79	\$ 239,80	\$ 1 116,99		
92	20-Feb-19	\$ 877,19	\$ 25 438,60	\$ 231,81	\$ 1 109,00		
93	22-Mar-19	\$ 877,19	\$ 24 561,40	\$ 223,82	\$ 1 101,01		
94	21-Apr-19	\$ 877,19	\$ 23 684,21	\$ 215,82	\$ 1 093,01		

95	21-May-19	\$ 877,19	\$ 22 807,02	\$ 207,83	\$ 1 085,02		
96	20-Jun-19	\$ 877,19	\$ 21 929,82	\$ 199,84	\$ 1 077,03	\$ 2 925,60	\$ 10 526,32
97	20-Jul-19	\$ 877,19	\$ 21 052,63	\$ 191,84	\$ 1 069,03		
98	19-Aug-19	\$ 877,19	\$ 20 175,44	\$ 183,85	\$ 1 061,04		
99	18-Sep-19	\$ 877,19	\$ 19 298,25	\$ 175,86	\$ 1 053,05		
100	18-Oct-19	\$ 877,19	\$ 18 421,05	\$ 167,86	\$ 1 045,05		
101	17-Nov-19	\$ 877,19	\$ 17 543,86	\$ 159,87	\$ 1 037,06		
102	17-Dec-19	\$ 877,19	\$ 16 666,67	\$ 151,88	\$ 1 029,07		
103	16-Jan-20	\$ 877,19	\$ 15 789,47	\$ 143,88	\$ 1 021,07		
104	15-Feb-20	\$ 877,19	\$ 14 912,28	\$ 135,89	\$ 1 013,08		
105	16-Mar-20	\$ 877,19	\$ 14 035,09	\$ 127,89	\$ 1 005,08		
106	15-Apr-20	\$ 877,19	\$ 13 157,89	\$ 119,90	\$ 997,09		
107	15-May-20	\$ 877,19	\$ 12 280,70	\$ 111,91	\$ 989,10		
108	14-Jun-20	\$ 877,19	\$ 11 403,51	\$ 103,91	\$ 981,10	\$ 1 774,54	\$ 10 526,32
109	14-Jul-20	\$ 877,19	\$ 10 526,32	\$ 95,92	\$ 973,11		
110	13-Aug-20	\$ 877,19	\$ 9 649,12	\$ 87,93	\$ 965,12		
111	12-Sep-20	\$ 877,19	\$ 8 771,93	\$ 79,93	\$ 957,12		
112	12-Oct-20	\$ 877,19	\$ 7 894,74	\$ 71,94	\$ 949,13		
113	11-Nov-20	\$ 877,19	\$ 7 017,54	\$ 63,95	\$ 941,14		
114	11-Dec-20	\$ 877,19	\$ 6 140,35	\$ 55,95	\$ 933,14		
115	10-Jan-21	\$ 877,19	\$ 5 263,16	\$ 47,96	\$ 925,15		
116	09-Feb-21	\$ 877,19	\$ 4 385,96	\$ 39,97	\$ 917,16		
117	11-Mar-21	\$ 877,19	\$ 3 508,77	\$ 31,97	\$ 909,16		
118	10-Apr-21	\$ 877,19	\$ 2 631,58	\$ 23,98	\$ 901,17		
119	10-May-21	\$ 877,19	\$ 1 754,39	\$ 15,99	\$ 893,18		
120	09-Jun-21	\$ 877,19	\$ 877,19	\$ 7,99	\$ 885,18	\$ 623,48	\$ 10 526,32
		\$ 100 000,00		\$ 57 864,39	\$ 157 864,39		

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 16. Mano de obra directa

Descripción	Sueldo Mensual	Sueldo Anual
Operador 1	\$300,00	\$ 3 600,00
Operador 2	\$300,00	\$ 3 600,00
Supervisor de planta	\$350,00	\$ 4 200,00
Personal de Laboratorio	\$400,00	\$4 800,00
TOTAL	\$ 1350,00	\$ 16 200,00

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 17. Carga fabril

Mano de obra indirecta				
Descripción	No.	Mensual	Anual	
Gerente General	1	\$ 500,00	\$ 6 000,00	
Secretaria	1	\$ 270,00	\$ 3 240,00	
TOTAL			\$ 9240,00	
Depreciación				
Activos	Valor	Vida útil (años)	Anual	
Equipos de oficina	\$ 1 888,21	\$ 3,00	\$ 629,40	
Vehículo	\$ 19595,00	\$ 5,00	\$ 3919,00	
Gastos de constitución	\$ 800,00	\$ 5,00	\$160,00	
Gastos de puesta en marcha	\$ 2 780,77	\$ 5,00	\$ 556,15	
Maquinaria	\$ 55615,46	\$10,00	\$ 5561,55	
Equipo de planta	\$ 267,26	\$ 10,00	\$ 26,73	
Muebles de oficina	\$ 1063,37	\$ 10,00	\$106,34	
Equipo de laboratorio	\$ 478,80	\$ 10,00	\$ 47,88	
Edificio	\$ 52440,00	\$ 20,00	\$ 2 622,00	
TOTAL			\$13629,05	
Reparaciones y mantenimiento				
Descripción	Porcentaje	Valor	Mensual	Anual
		\$ 1500,00		
Maquinaria y equipo	65 %	\$ 975,00	\$ 81,25	\$ 975,00
Edificios y construcciones	35 %	\$ 525,00	\$ 43,75	\$ 525,00
TOTAL			\$ 125,00	\$ 1 500,00
Seguros				
Descripción	Porcentaje	Valor	Mensual	Anual
Maquinaria y equipo	5 %	\$ 179,04	\$ 14,92	\$ 179,04
Edificio	3 %	\$ 31,90	\$ 2,66	\$ 31,90
Laboratorio y equipos laboratorio	2 %	\$ 5,35	\$ 0,45	\$ 5,35
TOTAL			\$ 18,02	\$ 216,28

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 18. Costo y precio del biodiesel producido en la planta

Descripción	Valor	
Materiales directos		\$ 483 051,60
Mano de obra directa		\$ 16 200,00
Carga fabril		\$ 28 745,96
Mano de obra indirecta	\$ 9 240,00	
Depreciación	\$ 13 629,05	
Reparación y mantenimiento	\$ 1 500,00	
Seguros	\$ 4 376,91	
TOTAL		\$ 527 997,56
(-) Ingresos por Glicerina		\$ 18 691,20
TOTAL COSTO DE PRODUCCION		\$ 509 306,36
PRODUCCION ANUAL LITROS		\$ 424 800,00
Costo por litro	\$	1,20
Costo por galón	\$	4,54
Margen de ganancia 15%		
Precio de litro	\$	1,38
Precio de galón	\$	5,22

Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Tabla 19. Presupuesto de ventas mensuales del primer año

	Biodiesel			Glicerina			TOTAL VENTAS MENSUALES
	Unidades vendidas (litros)	Precio Unitario	Total ventas mensuales	Unidades vendidas (litros)	Precio Unitario	Total ventas mensuales	
Mes 1	11 894,40	\$ 1,38	\$ 16 399,66	3 738,24	\$ 0,20	\$ 747,65	\$ 17 147,31
Mes 2	16 142,40	\$ 1,38	\$ 22 256,69	4 672,80	\$ 0,20	\$ 934,56	\$ 23 191,25
Mes 3	20 390,40	\$ 1,38	\$ 28 113,71	5 607,36	\$ 0,20	\$ 1 121,47	\$ 29 235,18
Mes 4	24 638,40	\$ 1,38	\$ 33 970,73	6 541,92	\$ 0,20	\$ 1 308,38	\$ 35 279,12
Mes 5	28 886,40	\$ 1,38	\$ 39 827,76	7 476,48	\$ 0,20	\$ 1 495,30	\$ 41 323,05
Mes 6	33 134,40	\$ 1,38	\$ 45 684,78	8 411,04	\$ 0,20	\$ 1 682,21	\$ 47 366,99
Mes 7	37 382,40	\$ 1,38	\$ 51 541,80	9 345,60	\$ 0,20	\$ 1 869,12	\$ 53 410,92
Mes 8	41 630,40	\$ 1,38	\$ 57 398,83	10 280,16	\$ 0,20	\$ 2 056,03	\$ 59 454,86
Mes 9	45 878,40	\$ 1,38	\$ 63 255,85	11 214,72	\$ 0,20	\$ 2 242,94	\$ 65 498,79
Mes 10	50 126,40	\$ 1,38	\$ 69 112,87	12 149,28	\$ 0,20	\$ 2 429,86	\$ 71 542,73
Mes 11	54 374,40	\$ 1,38	\$ 74 969,90	13 083,84	\$ 0,20	\$ 2 616,77	\$ 77 586,66
Mes 12	58 622,40	\$ 1,38	\$ 80 826,92	14 018,40	\$ 0,20	\$ 2 803,68	\$ 83 630,60
	423 100,80			106 539,84			\$ 604 393,51

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 20. Porcentaje de producción al año 10 sobre capacidad instalada

	Litros	%
Capacidad Instalada	849 600,00	100%
Nivel de producción año 10	604 622,86	71%

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 21. Precio de B10 en las gasolineras

JUSTIFICACION DE PRECIO DE BIODIESEL		
Descripción	Litro	Galón
Costo de Producción	\$ 1,20	\$ 4,54
Margen de Ganancia (15 %)	\$ 0,18	\$ 0,68
Precio de Planta	\$ 1,38	\$ 5,22
Margen de Ganancia de Comercializador (10 %)	\$ 0,14	\$ 0,52
Precio de Comercializadora	\$ 1,52	\$ 5,74
IVA (12 %)	\$ 0,18	\$ 0,69
Precio de Venta	\$ 1,70	\$ 6,43
PRECIO DE MEZCLA DE COMBUSTIBLES B10		
COMBUSTIBLE	Litro	Galón
Biodiesel (10 % de mezcla)	\$ 1,70	\$ 6,43
Diesel (90 % de mezcla)	\$ 0,27	\$ 1,037
Precio de venta al público B10	\$ 0,42	\$ 1,58

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 22. Depreciación

Activos	Valor	Años a depreciar	% anual	Año 1	
				Depreciación	Valor residual
Equipos de oficina	\$ 1888,21	3	33 %	\$ 629,40	\$ 1 258,80
Vehículo	\$ 19 595,00	5	20 %	\$ 3 919,00	\$ 15676,00
Gastos de constitución	\$ 800,00	5	20 %	\$ 160,00	\$ 640,00
Gastos de puesta en marcha	\$ 2 780,77	5	20 %	\$ 556,15	\$ 2 224,62
Maquinaria	\$ 55 615,46	10	10 %	\$ 5 561,55	\$ 50053,91
Equipo de planta	\$ 267,26	10	10 %	\$ 26,73	\$ 240,53
Muebles de oficina	\$ 1 063,37	10	10 %	\$ 106,34	\$ 957,03
Equipo de laboratorio	\$ 478,80	10	10 %	\$ 47,88	\$ 430,92
Edificio	\$ 52 440,00	20	5 %	\$ 2 622,00	\$ 49 818,00
				\$ 13 629,05	\$ 121 299,82

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 23. Flujo de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Saldo Anterior		\$ -166 079,86	\$ 48 128,77	\$ 48 349,95	\$ 52 156,27	\$ 55 882,30	\$ 59 949,39	\$ 62 622,35	\$ 66 971,73	\$ 71 470,84	\$ 76 125,73
Ingresos											
Ingresos por ventas de Biodiesel		\$ 585 702,31	\$ 609 130,40	\$ 633 495,62	\$ 658 835,44	\$ 685 188,86	\$ 712 596,42	\$ 741 100,27	\$ 770 744,28	\$ 801 574,05	\$ 833 637,02
Ingreso de ventas de Subproducto		\$ 18 691,20	\$ 19 438,85	\$ 20 216,40	\$ 21 025,06	\$ 21 866,06	\$ 22 740,70	\$ 23 650,33	\$ 24 596,34	\$ 25 580,20	\$ 26 603,41
Total Entradas Efectivo		\$ 604 393,51	\$ 628 569,25	\$ 653 712,02	\$ 679 860,50	\$ 707 054,92	\$ 735 337,12	\$ 764 750,60	\$ 795 340,63	\$ 827 154,25	\$ 860 240,42
Egresos											
Materia Prima		\$ 446 040,00	\$ 463 881,60	\$ 482 436,86	\$ 501 734,34	\$ 521 803,71	\$ 542 675,86	\$ 564 382,90	\$ 586 958,21	\$ 610 436,54	\$ 634 854,00
Insumos		\$ 36 320,40	\$ 37 773,22	\$ 39 284,14	\$ 40 855,51	\$ 42 489,73	\$ 44 189,32	\$ 45 956,89	\$ 47 795,17	\$ 49 706,98	\$ 51 695,25
Mano de Obra Directa		\$ 16 200,00	\$ 16 362,00	\$ 16 525,62	\$ 16 690,88	\$ 16 857,78	\$ 17 026,36	\$ 17 196,63	\$ 17 368,59	\$ 17 542,28	\$ 17 717,70
Mano de Obra Indirecta		\$ 9 240,00	\$ 9 332,40	\$ 9 425,72	\$ 9 519,98	\$ 9 615,18	\$ 9 711,33	\$ 9 808,45	\$ 9 906,53	\$ 10 005,60	\$ 10 205,71
Mantenimiento y Reparación		\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00	\$ 1 500,00
Depreciación		\$ 13 629,05	\$ 13 629,05	\$ 13 629,05	\$ 12 999,64	\$ 12 999,64	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49
Amortización Activos Diferido		\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08
Pago de Capital		\$ 5 263,16	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32	\$ 10 526,32
Pago de Interés		\$ 10 815,10	\$ 9 831,92	\$ 8 680,85	\$ 7 529,80	\$ 6 378,76	\$ 5 227,70	\$ 4 076,64	\$ 2 925,60	\$ 1 774,54	\$ 623,48
Gastos administrativos		\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00	\$ 6 120,00
Seguros		\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91	\$ 4 376,91
Imprevistos 5 %		\$ 975,30	\$ 975,30	\$ 975,30	\$ 943,83	\$ 943,83	\$ 712,07	\$ 712,07	\$ 712,07	\$ 712,07	\$ 712,07
Total Egresos		\$ 550 837,99	\$ 574 666,78	\$ 593 838,85	\$ 613 155,28	\$ 633 969,94	\$ 650 788,44	\$ 673 379,36	\$ 696 911,97	\$ 721 423,79	\$ 747 054,01
Utilidad antes de repartición y de impuestos		\$ 53 555,52	\$ 53 902,47	\$ 59 873,17	\$ 66 705,22	\$ 73 084,98	\$ 84 548,68	\$ 91 371,24	\$ 98 428,66	\$ 105 730,46	\$ 113 186,41
(-) repartición empleados 15 %		\$ 8 033,33	\$ 8 085,37	\$ 8 980,98	\$ 10 005,78	\$ 10 962,75	\$ 12 682,30	\$ 13 705,69	\$ 14 764,30	\$ 15 859,57	\$ 16 977,96
Utilidad antes de impuestos		\$ 45 522,19	\$ 45 817,10	\$ 50 892,19	\$ 56 699,44	\$ 62 122,23	\$ 71 866,38	\$ 77 665,55	\$ 83 664,36	\$ 89 870,89	\$ 96 208,45
(-) Impuesto a la Renta 25 %		\$ 11 380,55	\$ 11 454,27	\$ 12 723,05	\$ 14 174,86	\$ 15 530,56	\$ 17 966,59	\$ 19 416,39	\$ 20 916,09	\$ 22 467,72	\$ 24 052,11
Utilidad neta		\$ 34 141,64	\$ 34 362,82	\$ 38 169,15	\$ 42 524,58	\$ 46 591,67	\$ 53 899,78	\$ 58 249,17	\$ 62 748,27	\$ 67 403,17	\$ 72 156,34
(+) Depreciación		\$ 13 629,05	\$ 13 629,05	\$ 13 629,05	\$ 12 999,64	\$ 12 999,64	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49	\$ 8 364,49
(+) Amortización de Activos Diferidos		\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08	\$ 358,08
FLUJO DE CAJA	\$ -166 079,86	\$ 48 128,77	\$ 48 349,95	\$ 52 156,27	\$ 55 882,30	\$ 59 949,39	\$ 62 622,35	\$ 66 971,73	\$ 71 470,84	\$ 76 125,73	\$ 80 878,91

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 24. Estado de resultados

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ventas	\$ 604 393,51	\$ 628 569,25	\$ 653 712,02	\$ 679 860,50	\$ 707 054,92	\$ 735 337,12	\$ 764 750,60	\$ 795 340,63	\$ 827 154,25	\$ 860 240,42
Costos de Producción	\$ 507 800,40	\$ 527 349,22	\$ 547 672,35	\$ 568 800,71	\$ 590 766,41	\$ 613 602,88	\$ 637 344,86	\$ 662 028,50	\$ 687 691,39	\$ 714 472,66
Margen de Contribución	\$ 96 593,11	\$ 101 220,03	\$ 106 039,67	\$ 111 059,80	\$ 116 288,51	\$ 121 734,24	\$ 127 405,74	\$ 133 312,12	\$ 139 462,86	\$ 145 767,76
% Margen de contribución	15,98 %	16,10 %	16,22 %	16,34 %	16,45 %	16,55 %	16,66 %	16,76 %	16,86 %	16,95 %
(-) Gastos de administración y generales	\$ 26 959,33	\$ 26 959,33	\$ 26 959,33	\$ 26 298,46	\$ 26 298,46	\$ 21 431,55	\$ 21 431,55	\$ 21 431,55	\$ 21 431,55	\$ 21 431,55
(-) Gastos de financiamiento	\$ 16 078,26	\$ 20 358,24	\$ 19 207,17	\$ 18 056,12	\$ 16 905,08	\$ 15 754,02	\$ 14 602,96	\$ 13 451,92	\$ 12 300,86	\$ 11 149,80
Total Gastos	\$ 43 037,59	\$ 47 317,57	\$ 46 166,50	\$ 44 354,58	\$ 43 203,54	\$ 37 185,56	\$ 36 034,50	\$ 34 883,46	\$ 33 732,40	\$ 32 581,34
= Utilidad antes repartición e impuestos	\$ 53 555,52	\$ 53 902,47	\$ 59 873,17	\$ 66 705,22	\$ 73 084,98	\$ 84 548,68	\$ 91 371,24	\$ 98 428,66	\$ 105 730,46	\$ 113 186,41
(-) 15 % Utilidad a trabajadores	\$ 8 033,33	\$ 8 085,37	\$ 8 980,98	\$ 10 005,78	\$ 10 962,75	\$ 12 682,30	\$ 13 705,69	\$ 14 764,30	\$ 15 859,57	\$ 16 977,96
= Utilidad antes de impuestos	\$ 45 522,19	\$ 45 817,10	\$ 50 892,19	\$ 56 699,44	\$ 62 122,23	\$ 71 866,38	\$ 77 665,55	\$ 83 664,36	\$ 89 870,89	\$ 96 208,45
(-) 25 % Impuesto a la renta	\$ 11 380,55	\$ 11 454,27	\$ 12 723,05	\$ 14 174,86	\$ 15 530,56	\$ 17 966,59	\$ 19 416,39	\$ 20 916,09	\$ 22 467,72	\$ 24 052,11
Utilidad Neta:	\$ 34 141,64	\$ 34 362,82	\$ 38 169,15	\$ 42 524,58	\$ 46 591,67	\$ 53 899,78	\$ 58 249,17	\$ 62 748,27	\$ 67 403,17	\$ 72 156,34
Utilidad Acumulada:	\$ 34 141,64	\$ 68 504,47	\$ 106 673,61	\$ 149 198,19	\$ 195 789,86	\$ 249 689,65	\$ 307 938,81	\$ 370 687,08	\$ 438 090,25	\$ 510 246,59

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

Tabla 25. Balance general

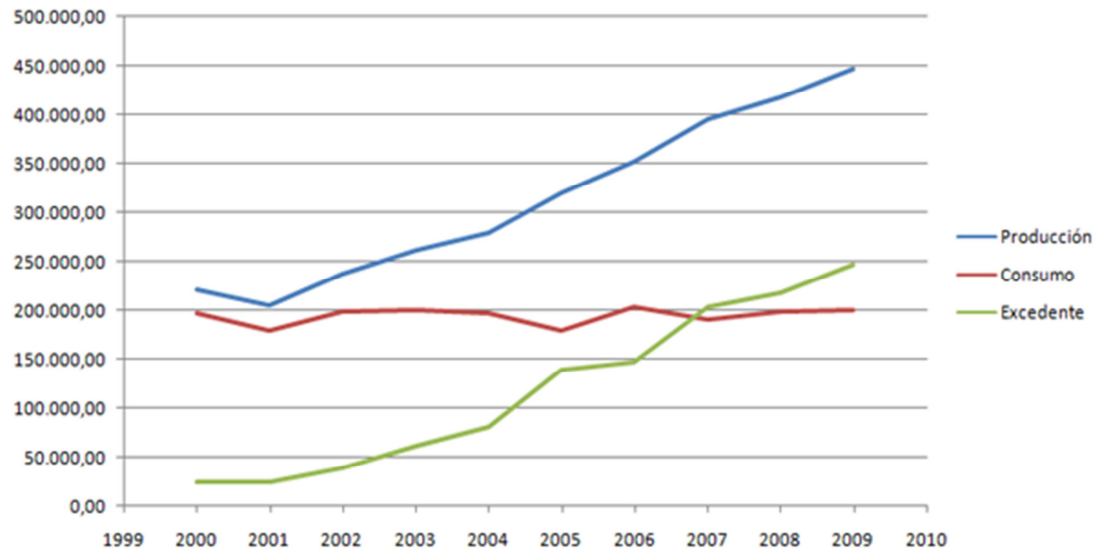
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
ACTIVO											
Caja - Bancos	\$ 31 151,00	\$ 30 346,10	\$ 28 326,42	\$ 32 932,30	\$ 37 502,17	\$ 42 461,10	\$ 47 405,25	\$ 51 573,15	\$ 57 019,06	\$ 62 800,52	\$ 68 814,81
Equipos de oficina	\$ 1 888,21	\$ 1 258,80	\$ 629,40	-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículo	\$ 19 595,00	\$ 15 676,00	\$ 11 757,00	\$ 7 838,00	\$ 3 919,00	-	-	-	-	-	-
Maquinaria	\$ 55 615,46	\$ 50 053,91	\$ 44 492,36	\$ 38 930,82	33 369,27	\$ 27 807,73	\$ 22 246,18	\$ 16 684,64	\$ 11 123,09	\$ 5 561,55	-
Equipo de planta	\$ 267,26	\$ 240,53	\$ 213,81	\$ 187,08	\$ 160,36	\$ 133,63	\$ 106,90	\$ 80,18	\$ 53,45	\$ 26,73	-
Muebles de oficina	\$ 1 063,37	\$ 957,03	\$ 850,70	\$ 744,36	\$ 638,02	\$ 531,69	\$ 425,35	\$ 319,01	\$ 212,67	\$ 106,34	-
Equipo de laboratorio	\$ 478,80	\$ 430,92	\$ 383,04	\$ 335,16	\$ 287,28	\$ 239,40	\$ 191,52	\$ 143,64	\$ 95,76	\$ 47,88	-
Edificio	\$ 52 440,00	\$ 49 818,00	\$ 47 196,00	\$ 44 574,00	\$ 41 952,00	\$ 39 330,00	\$ 36 708,00	\$ 34 086,00	\$ 31 464,00	\$ 28 842,00	\$ 26 220,00
Gastos de constitución	\$ 800,00	\$ 640,00	\$ 480,00	\$ 320,00	\$ 160,00	-	-	-	-	-	-
Gastos de puesta en marcha	\$ 2 302,60	\$ 2 224,62	\$ 1 668,46	\$ 1 112,31	\$ 556,15	-	-	-	-	-	-
TOTAL ACTIVOS	\$ 165 601,69	\$ 148 781,30	\$ 133 848,74	\$ 125 541,72	\$ 117 828,10	\$ 110 503,55	\$ 107 083,20	\$ 102 886,61	\$ 99 968,03	\$ 97 385,01	\$ 95 034,81
PASIVO											
Préstamo Institución Financiera	\$ 100 000,00	\$ 95 614,04	\$ 85 087,72	\$ 74 561,40	\$ 64 035,09	\$ 53 508,77	\$ 42 982,46	\$ 32 456,14	\$ 21 929,82	\$ 11 403,51	\$ 877,19
TOTAL PASIVOS	\$ 100 000,00	\$ 95 614,04	\$ 85 087,72	\$ 74 561,40	\$ 64 035,09	\$ 53 508,77	\$ 42 982,46	\$ 32 456,14	\$ 21 929,82	\$ 11 403,51	\$ 877,19
PATRIMONIO											
Capital	\$ 66 079,86	\$ 53 167,27	\$ 48 761,02	\$ 50 980,32	\$ 53 793,01	\$ 56 994,77	\$ 64 100,74	\$ 70 430,47	\$ 78 038,21	\$ 85 981,50	\$ 94 157,62
TOTAL PATRIMONIO	\$ 66 079,86	\$ 53 167,27	\$ 48 761,02	\$ 50 980,32	\$ 53 793,01	\$ 56 994,77	\$ 64 100,74	\$ 70 430,47	\$ 78 038,21	\$ 85 981,50	\$ 94 157,62
TOTAL PASIVO + PATRIMONIO	\$ 166 079,86	\$ 148 781,30	\$ 133 848,74	\$ 125 541,72	\$ 117 828,10	\$ 110 503,55	\$ 107 083,20	\$ 102 886,61	\$ 99 968,03	\$ 97 385,01	\$ 95 034,81

Fuente: Oleadiesel S.A.

Elaborado por: Los autores

ANEXO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cuadro comparativo entre producción, consumo y excedente nacional de aceite crudo de palma 2000 – 2009 (TM)



Fuente: ANCUPA

Elaborado por: Los Autores

Gráfico 2. Gráfico resultado de la Matriz de Vester

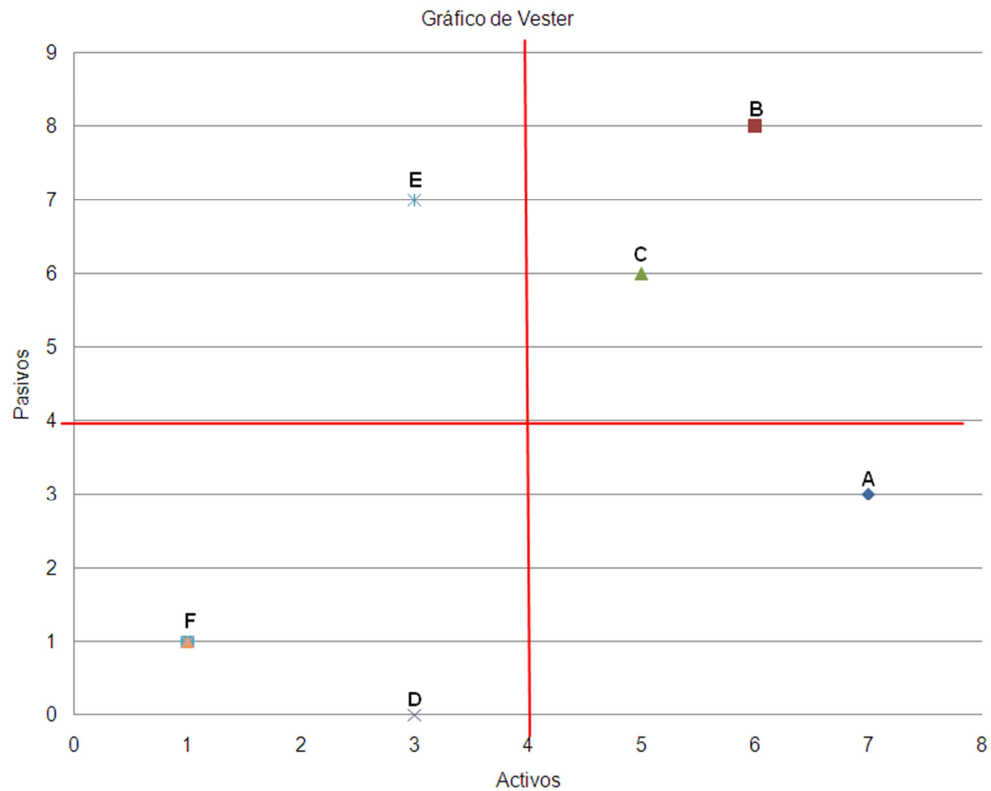
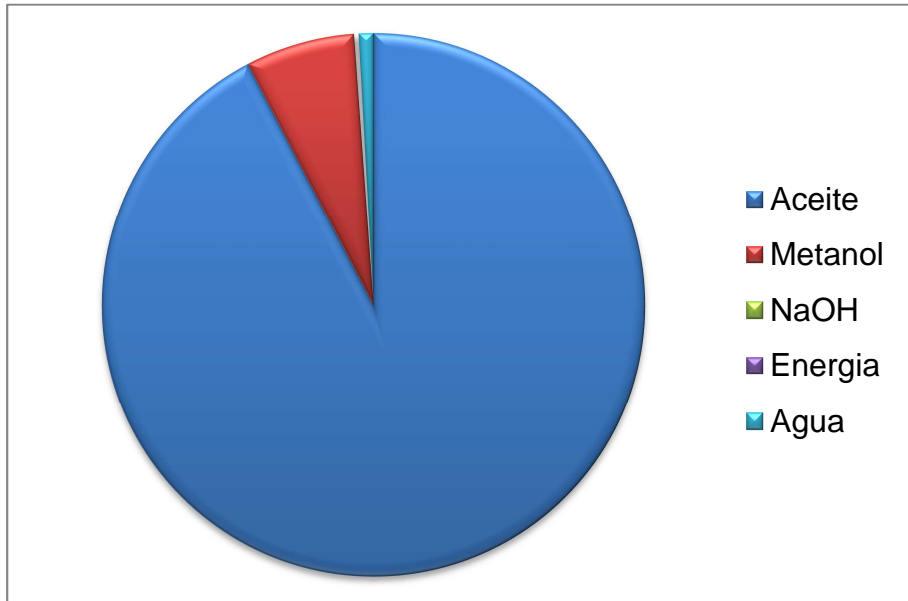


Gráfico 3. Peso de los materiales directos



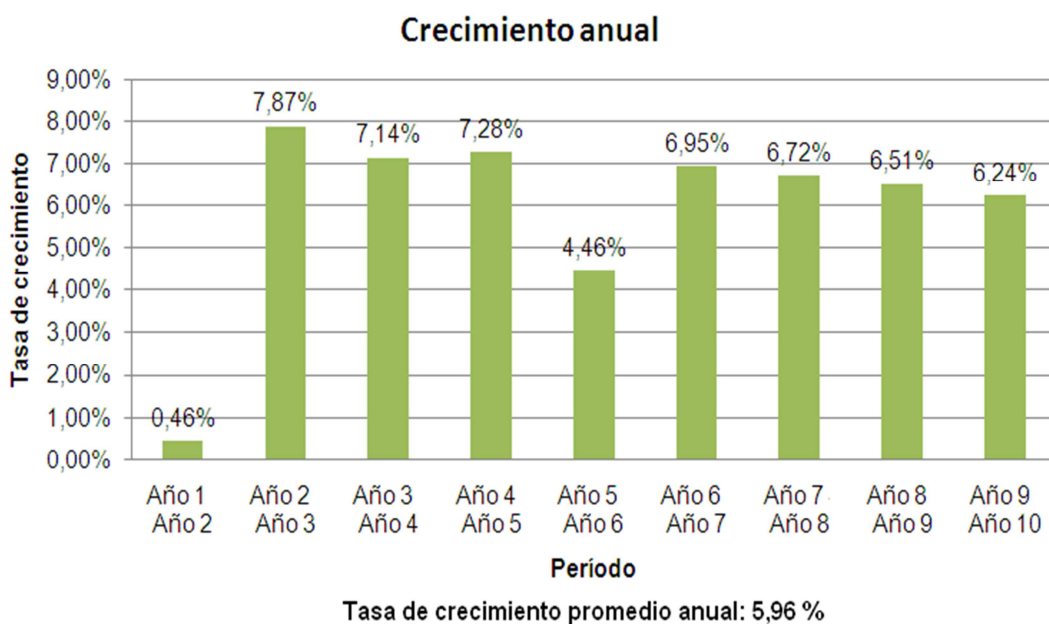
Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Gráfico 4. Peso de los costos directos de producción



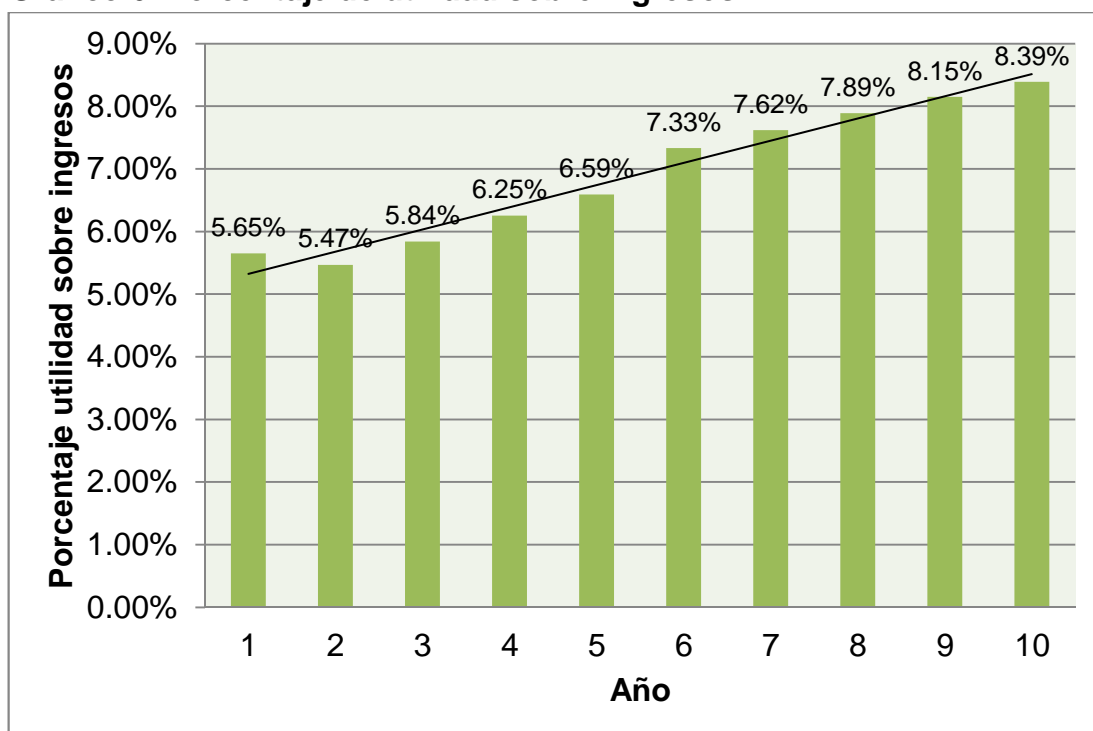
Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

Gráfico 5. Flujos de caja anual



Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

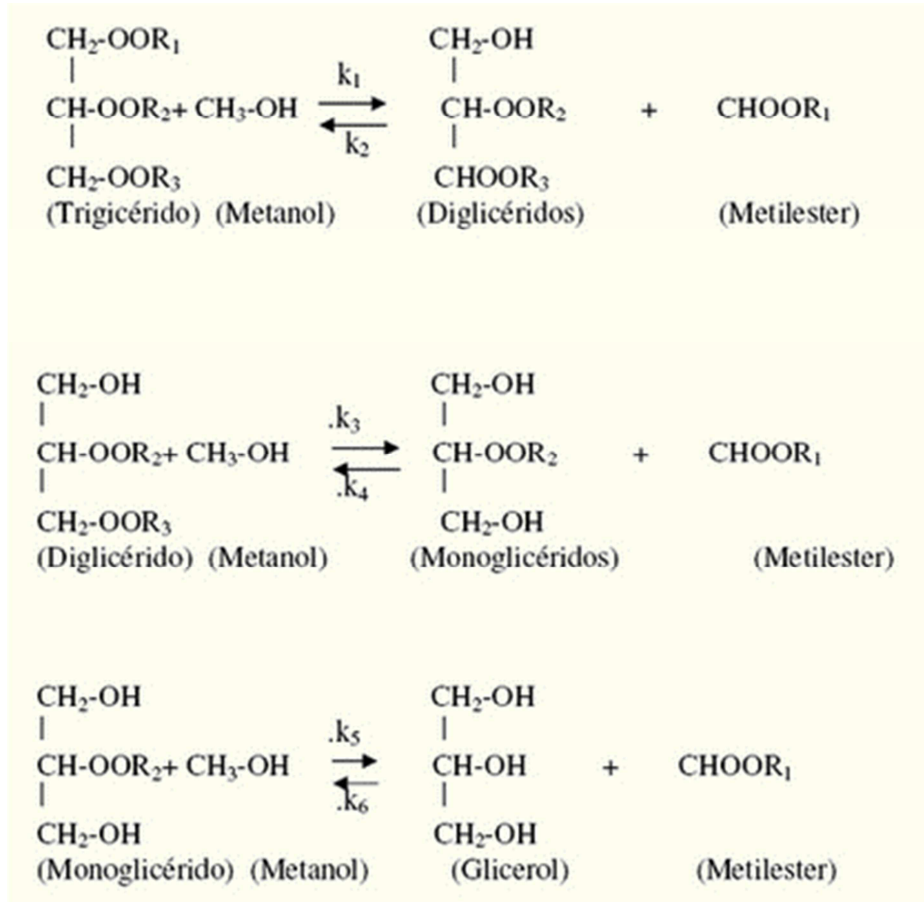
Gráfico 6. Porcentaje de utilidad sobre ingresos



Fuente: Oleadiesel S.A.
Elaborado por: Los autores

ANEXO DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la transesterificación

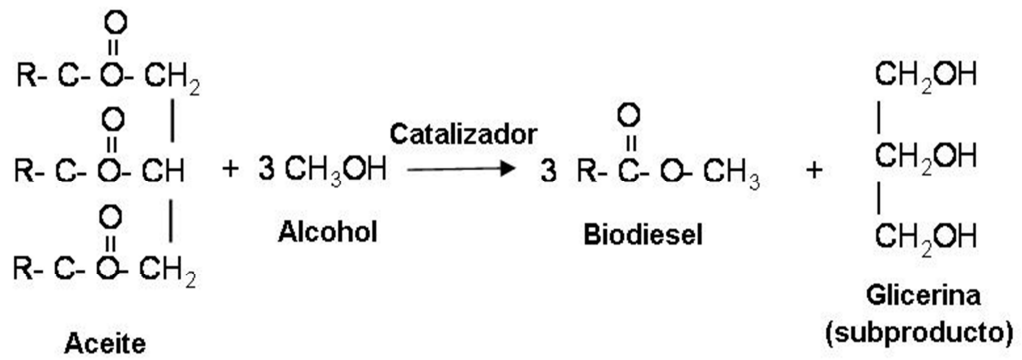


Fuente: Centro de Aplicaciones de Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible (CATEDES).

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar22/HTML/articulo02.htm>

Elaborado por: Ing. Armando A. Díaz García y M.Sc. José A. Sotolongo Pérez

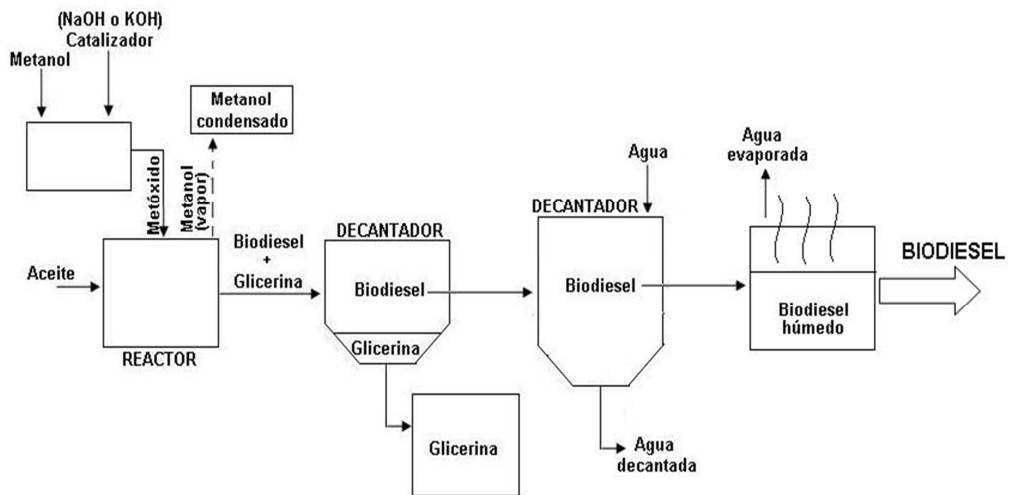
Figura 2. Estequiometría de la reacción de transesterificación



Fuente: Química verde para el medio ambiente.

<http://go-chemistry.blogspot.com/2009/09/catalizador-ecologico-para-la.html>

Figura 3. Proceso discontinuo para la producción de biodiesel



Fuente: <http://www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

Elaborado por: Los autores

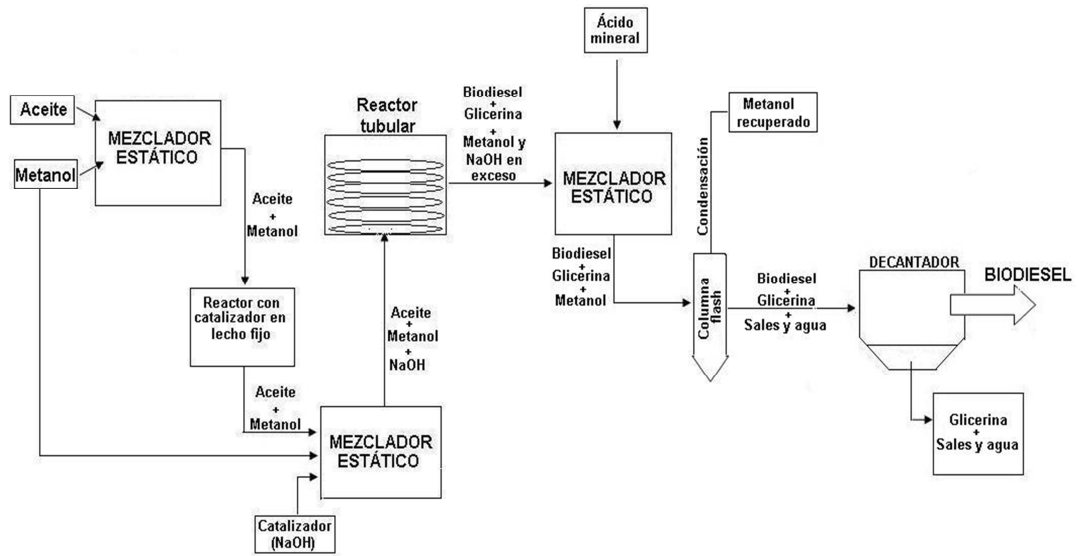
Figura 4. Muestra de la separación de la glicerina y el biodiesel



Fuente: <http://enerbperuenergia.webs.com/ponencias/UNALM.pdf>

Elaborado por: Los autores

Figura 5. Proceso continuo para la producción de biodiesel



Fuente: <http://www.miliarium.com/monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

Elaborado por: Los autores

Figura 6. Palma Africana



Fuente: ANCUPA.

<http://www.ancupa.com/index.shtml?s=M&n=11061&k=49&m=Recursos&apc=l---xx-xx-xx-xx1->

Elaborado por: Los autores

Figura 7. *Jatropha Curcas*



Fuente: Fundación Ing. Agr. Juan José Castelló Zambrano
Elaborado por: Los autores

Figura 8. *Ricinus Communis*



Fuente: Hacienda del Ing. Mario Lapo
Elaborado por: Los autores

Figura 9. Reactor de transesterificación en la ESPOL



Fuente: ESPOL
Elaborado por: Los autores

Figura 10. Reactor de CentralBiodiesel HTP, Inc en la PUCEI



Fuente: PUCEI
Elaborado por: Los autores

Figura 11. Reactor de G-TEK en la PUCEI



Fuente: PUCEI
Elaborado por: Los autores