

ANALISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCION DE BIODIESEL A PARTIR DE
GRASA ANIMAL

ROCIO DEL PILAR SALINAS GUTIERREZ

ECCI- ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
INGENIERIA INDUSTRIAL

Bogotá, D.C.

2015

ANALISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA OBTENCION DE BIODIESEL A PARTIR DE
GRASA ANIMAL

ROCÍO DEL PILAR SALINAS GUTIÉRREZ

DIRECTOR DE TESIS
DR. FRANCISCO PEDRAZA ARCHILA

ECCI- ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
INGENIERIA INDUSTRIAL
Bogotá, D.C.
2015

Resumen

Biodiesel, un sustituto alternativo y ecológicamente aceptable para el combustible convencional, por lo general se produce a partir de una amplia gama de aceites vegetales comestibles, que se utilizan normalmente para el consumo humano y cuyos precios se espera que aumente en el futuro. En este sentido, se ha recurrido a las materias primas confiables y de bajo costo para la producción de biodiesel, como subproductos de las industrias de transformación de carnes o residuos de grasa animal, se observaran diferentes métodos empleados para la producción de biodiesel a partir de residuos de grasa animal que emplean la reacción de transesterificación.

Analizar la explotación de las grasas animales de desecho como materia prima de bajo costo para la producción de biodiesel, además, los diferentes métodos para el tratamiento de residuos de grasas animales tales como catálisis química homogénea, heterogénea y enzimática, así como los procesos no catalíticos se consideraron con énfasis en la influencia de las condiciones de funcionamiento y de reacción sobre la tasa de proceso y el rendimiento de éster .

En resumen son procesos de optimización, cinética y las posibilidades de mejora de la producción de biodiesel a partir de residuos de grasa animal

Introducción

Grasa animal: la grasa desperdiciada de cerdos, pollos y vacas puede ser convertida en combustible; el aprovechamiento de estas grasas, se encuentra entre los principales medios para combatir el cambio climático, propósito internacional adoptado por un importante grupo de países a través del protocolo de Kioto, que tiene en cuenta ventajas y ayudas financieras de la comunidad internacional para los países y entidades que lo implementen. Este protocolo forma parte de la legislación Colombiana en virtud de la Ley 629 de 2000.

Para lograr la seguridad energética frente a la posibilidad que el país deje de ser auto sostenible en materia de hidrocarburos, los biocombustibles representan una alternativa en la cual Colombia posee ventajas comparativas. Teniendo en cuenta los beneficios ambientales, económicos y sociales, el desarrollo de combustibles alternativos a los derivados del petróleo es una clara prioridad para el país.

Para que los biocombustibles de origen animal sean una alternativa energética real, se necesita que estos productos, no sólo presenten características equivalente a los de procedencia fósil, sino también que, en el conjunto de los procesos de obtención se consigna balances energéticos positivos y lleguen al mercado a un costo similar al de los productos derivados del petróleo a los que sustituyen. El principal inconveniente con el que se enfrenta la comercialización de estos combustibles en el sector de transporte es el alto costo de producción

En la actualidad se vienen investigando diversas fuentes animales y vegetales para la producción de biocombustible.

Con el cambio climático global, algunos investigadores están explorando otras fuentes distintas del petróleo como combustible. La materia orgánica es una de esas fuentes. Materiales como el maíz y la soya tiene extractos de aceite que se pueden convertir en etanol o biodiesel. Estos y muchos otros materiales orgánicos son más sostenibles que el petróleo, lo que significa que

pueden volver a crecer y seguir siendo productivos con menor impacto negativo en nuestro ecosistema.

Troy Runge, director de la Iniciativa de Bioenergía Wisconsin, explicó que cada fuente tiene sus pros y sus contras. Algunos biocombustibles que proporcionan más beneficios a largo plazo pueden resultar demasiado caros de realizar. Otros que ya están en producción podrían no tener el potencial para satisfacer nuestras necesidades. “Creo que todos los biocombustibles deben ser investigados” asegura Runge. “No queremos tomar decisiones para eliminar una tecnología o material de alimentación demasiado pronto porque podríamos estar descartando algo que, con sólo unos pocos años más de investigación, podría ser realmente bueno.” finaliza. Las 10 fuentes de biocombustibles clasificados aquí tienen el potencial, y, usadas en combinación podrían recorrer un largo camino hacia el cumplimiento de nuestras necesidades de energía en las próximas décadas.

La celulosa: sólo en Estados Unidos se pueden cosechar 1,3 mil millones de toneladas de celulosa para su uso como biocombustible. La celulosa es una fibra y puede ser encontrada en árboles, pasto, plantaciones de maíz, entre otros.

Maíz: el más grande biocombustible de los Estados Unidos. El etanol del maíz es más sostenible que el del petróleo. Sin embargo, sus detractores afirman que el maíz que es usado como combustible puede ser el alimento de alguien que lo necesite.

Soya: la soya ha sido un biocombustible popular por varios años. Los productores extraen el aceite de sus semillas y lo usan en productos como el biodiesel y combustible para aviones. Es un proceso relativamente fácil y poco costoso.

Caña de azúcar: es la segunda fuente de biocombustible más producida luego del maíz y su producción ha ayudado a países como Brasil a convertirse en un territorio energéticamente más independiente.

Metanol: es un recurso que ha venido ganando popularidad como biocombustible en el último año. El proceso involucra microorganismos descomponiendo la materia orgánica como la comida, el compost para la creación de metano.

Objetivo General

Análisis de factibilidad para la obtención de biodiesel a partir de grasa animal, dando así un mayor valor agregado a desechos frigoríficos y de paso contribuyendo a minimizar el impacto ambiental.

Objetivos Específicos

- Determinar la evolución de la grasa animal, con el fin de evaluar sus cualidades para la producción de biodiesel.
- El aprovechamiento de un residuo que para el mercado frigorífico no tiene valor económico con el único fin de obtener combustible
- Evaluar el nivel de recuperación de grasa en residuos de grasa animal
- Analizar las características fisicoquímicas del biodiesel fabricado a partir de las grasas animales
- Obtención biodiesel empleando como base las grasas de origen animal
- Evaluar económicamente la viabilidad de implementar en Colombia una compañía que se dedique a la elaboración de biodiesel de segunda generación

Índice

CAPITULO 1.....	3
ACIDOS GRASOS	3
REACCIONES TIPICAS DE LOS ACIDOS GRASOS Y SUS ESTERES	4
REACCIONES QUIMICAS MAS REPRESENTATIVAS DE LOS ACIDOS GRASOS Y SUS ESTERES	4
RUTAS PARA LA OBTENCIÓN DE ALQUILESTERES	8
PROCESOS DE MODIFICACION DE SEBO	10
ETAPAS DEL FRACCIONAMIENTO.....	10
CAPITULO 2.....	11
QUÉ ES BIODIESEL	11
CARACTERISTICAS DEL BIODIESEL	11
PARAMETROS FÍSICO-QUIMICOS DEL BIODIESEL	14
VENTAJAS DEL BIODIESEL.....	16
DESVENTAJAS DEL BIODIESEL.....	18
CALIDAD DEL BIODIESEL	19
ASTM establece las normas para el biodiesel	20
COMPOSICION QUIMICA DEL BIODIESEL	28
CAPITULO 3.....	30
COMPORTAMIENTO DEL BIODIESEL EN EL MUNDO	30
PROTOCOLO DE KIOTO.....	31
BIODESEL EN AMERICA DEL SUR	33
BIODESEL EN COLOMBIA	33
VENTAJAS DEL BIODIESEL EN COLOMBIA	37
DESVENTAJAS DEL BIODIESEL EN COLOMBIA	37
ORGANOS QUE REGULAN EL SECTOR DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA	38
PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE DIESEL (ACPM) EN COLOMBIA	39
CAPITULO 4.....	45
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE GRASA ANIMAL:	45
MODELOS DE PRODUCCIÓN	53
PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL	53
LAS MATERIAS PRIMAS	56
PROPIEDADES DEL BIODIESEL Y DEL DIESEL	61
PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	62
INSUMOS Y SUMINISTROS PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL	64
CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL	76
EL USO DEL BIODIESEL MEZCLADO	76
CAPITULO 5.....	78
ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO PARA VIABILIDAD DE PREPARACIÓN DE BIOIDESEL A PARTIR DE GRASA ANIMAL	78

CONCLUSIONES	95
Lista de referencias	97

Lista de tablas

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos animales.....	3
Tabla 2. Reacciones químicas más representativas de los ácidos grasos.....	4
Tabla 3: Características del biodiesel.....	13
Tabla 4. Especificación de las características del biodiesel y diesel	15
Tabla 5. Norma ASTM (American Society for Testing and Materials) D6751 (Sf)	23
Tabla 6. Parámetros de calidad del biodiesel – NTC 5444	27
Tabla 7. Norma Europea para Biodiésel en 14214 – 2008.....	29
Tabla 8. Histórico de producción de biodiesel en Colombia.....	36
Tabla 9 Proyecciones de demanda de Biocombustible entrega 2008- 2019	43
Tabla 10, Distribución de la demanda nacional del Diesel y de la producción nacional del biodiesel.....	43
Tabla 11. Materias primas utilizadas para la producción de biodiesel	Error! Bookmark not defined.
Tabla 12: Resumen de las caracterisiticas tipicas del biodiesel y el diesel petrolifero	61

Lista de figuras

figura 1. Hidrolisis a. de un monoalquilester; b. de un triglicerido:	5
figura 2. Hidrólisis alcalina y saponificación a. En un monoalquiléster; b. en un triglicérido	6
figura 3. Desdoblamiento de jabones en ácidos grasos.....	7
figura 4. Neutralización de un acido graso	7
figura 5. Rutas para la obtención de alquilésteres a partir de los triglicéridos	8
figura 6 Reacción química provocada por la mezcla de etanol con el hidróxido de potasio	9
figura 7 Proceso de Transesterificación	Error! Bookmark not defined.
figura 8. Proceso de Transesterificación	Error! Bookmark not defined.
Figura 9: Proyección para Colombia del consumo de Gasolina y Diesel hasta el año 2020	40
Figura 10: Balance oferta- demanda Biodiesel en Colombia, 2007-2015	42
figura . 11. Reacciones de los ácidos carboxílicos:	46
figura .11.1. Hidrólisis Éster: a) alcalino catalizada (donde M es Na o K); (b) catalizada por ácido	47
figura . 12. Esquema general de la etiqueta transesterificación para la producción de biodiesel (donde R es -CH ₃ o -CH ₃ CH ₂).....	47
figura . 13. Esquema ilustrativo del cambio del componente de concentración durante transesterificación	48
figura . 14. Las reacciones de producción de biodiesel convencional:	49
figura . 15Y 16. Etapas de la reacción de transesterificación	54
figura . 17 . Reacción de neutralización	54
figura . 19. Flujograma del proceso del biodiesel.....	55
figura . 20. Flujograma de ruta para la preparación de la materia prima	62

CAPITULO 1

ACIDOS GRASOS

Los mayores depósitos de grasas en animales se encuentran bajo la piel ocupando espacios entre los músculos y en la cavidad abdominal, La composición química de dichas grasas, aun para una misma clase de animal, puede ser variada ya que depende de diversos factores como el sexo, el tipo de alimentación que reciben (dieta) y las condiciones ambientales del medio en que viven (hábitat).

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos animales.

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, página. 18.

<i>Tipo de ácido graso</i>		<i>Contenido de ácidos grasos en porcentaje por peso (% / p)</i>		
		<i>Cebo de res</i>	<i>Manteca de cerdo</i>	<i>Grasa de pollo</i>
Saturados	C10:0	0-0,1	0,1	-
	C12:0	0,1	0,1	-
	C14:0	2,7-4,8	1,4-1,7	1,3
	C16:0	20,9-28,9	23,1-28,3	23,2
	C17:0	1	0,5	0,3
	C18:0	7,0-26,5	11,7-24,0	6,4
	C20:0	0,9	0,2-0,3	-
	C22:0	0-0,1	0-0,4	-
	C24:0	0-trazas	0-0,5	-
	Total			31,2
Monoinsaturados	C14:1	0,8-2,5	0-0,1	0,2
	C16:1	2,3-9,1	1,8-3,3	6,5
	C18:1	30,4-48,0	29,7-45,3	41,6
	C20:1	0,3-1,7	0,8-1,3	-
	C22:1	0-trazas	Trazas-0,1	-
	C24:1	0	0-0,5	-
	Total			48,3
Poliinsaturados	C18:2	0,6-1,8	8,1-12,6	18,9
	C18:3	0,3-0,7	0,7-1,2	1,3
	Total			20,2
Insaturados totales				68,5

En la tabla 1 se presenta el perfil de ácido grasos de las grasas animales más representativas. Los

valores tabulados en el caso del cebo de res y la manteca de cerdo no corresponden a valores promedios, sino a rangos de variación de acuerdo con diversos datos reportados, el cebo de res y la manteca de cerdo son más ricos en ácidos grasos saturados que la grasa de pollo, llegando a tener proporciones de dichos ácidos similares o superiores a las de aceite de palma y sus fracciones semisólidas.

REACCIONES TÍPICAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS Y SUS ESTERES

La explotación industrial de los aceites y las grasas, tanto para el sector alimenticio como el oleo químico, se basa en la modificación química de los sitios más reactivos de los ácidos grasos: el grupo carboxilo, los enlaces dobles y otros grupos funcionales presentes.

En relación con el grupo carboxilo, las reacciones más importantes, tabla 2, son aquellas que involucran la conversión de ésteres en ácidos grasos o viceversa, y el intercambio de ellos grupos ligados a los ésteres. Tales reacciones describen procesos de equilibrio y generalmente son catalizadas

REACCIONES QUÍMICAS MÁS REPRESENTATIVAS DE LOS ÁCIDOS GRASOS Y SUS ESTERES

Tabla 2. Reacciones químicas más representativas de los ácidos grasos.

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, página. 19.

<i>Compuesto de partida</i>	<i>Características</i>	<i>Nombre de la reacción</i>
Éster (monoalquiléster o triacilglicérido)	Desdoblamiento del éster en sus componentes	Hidrólisis
		Hidrólisis alcalina (saponificación)
	Intercambio de grupos ligados a la función éster	Acidólisis
		Alcoholólisis
Ácido graso	Formación de un éster	Interesterificación Esterificación

➤ HIDROLISIS Y SAPONIFICACIÓN

La hidrólisis de los aceites y las grasas (*figura 1*) consiste en la ruptura o desdoblamiento de los triglicéridos en sus ácidos grasos constituyentes y glicerol en presencia de agua; a temperatura ambiente las grasas de origen animal son solidas, y para la adaptación de la ecuación proporcionan 3 ácidos grasos

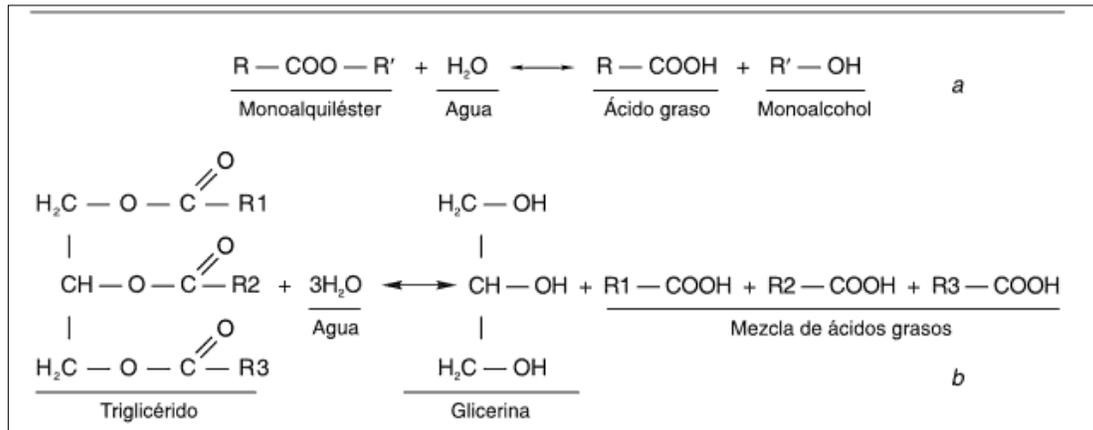


Figura 1. Hidrolisis a. de un monoalquilésteres; b. de un triglicérido:

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, pagina. 19

Cuando la reacción es catalizada químicamente, el compuesto que se adiciona (ácido sulfúrico y óxidos de zinc, calcio o magnesio) debe cumplir, además de la función de catalizador, la de agente emulsionante, pues en sus etapas iniciales la reacción es limitada por la baja solubilidad del agua en la fase aceite.

El denominado proceso Colgate- Emery¹ es actualmente uno de los métodos más eficientes a nivel industrial para desdoblar completamente en aceite o grasa. Dicho proceso es de naturaleza continúa, utiliza vapor en contracorriente y no requiere el uso de catalizadores, por ser operado a alta presión (5-6 Mpa) y alta temperatura (250°C) Al final del proceso se obtiene una fase acuosa con cerca de un 10% de glicerol y una fase aceite con un contenido de ácidos grasos alrededor del 97%. Los ácidos grasos producidos se deben purificar y si se requiere, separar en fracciones o

¹ El proceso químico tradicional Colgate- Emery (Wang 1988) comporta la utilización de reactores que soporten las extremas condiciones del proceso necesarias para hidrolizar el enlace éster de los triglicéridos (50 atm., 250°C). Este proceso dura aproximadamente 2 horas para lograr un porcentaje de hidrólisis comprendido entre el 96% y el 99%

en componentes individuales mediante destilación al vacío. El proceso Colgate – Emery es intensivo en inversión de capital y consumo energético. Además, presenta dificultades cuando se aplica en aceites y grasas que contienen ácidos grasos sensibles a las altas temperaturas (altamente insaturados).

Otra opción para desdoblar los triglicéridos consiste en hacerlos reaccionar con una base fuerte (KOH o NaOH) concentrada en agua o etanol (hidrólisis alcalina). En este caso (*figura2*), el aceite o grasa reacciona con la base en presencia de agua para producir una mezcla de sales alcalinas de los ácidos grasos (jabones) y glicerina

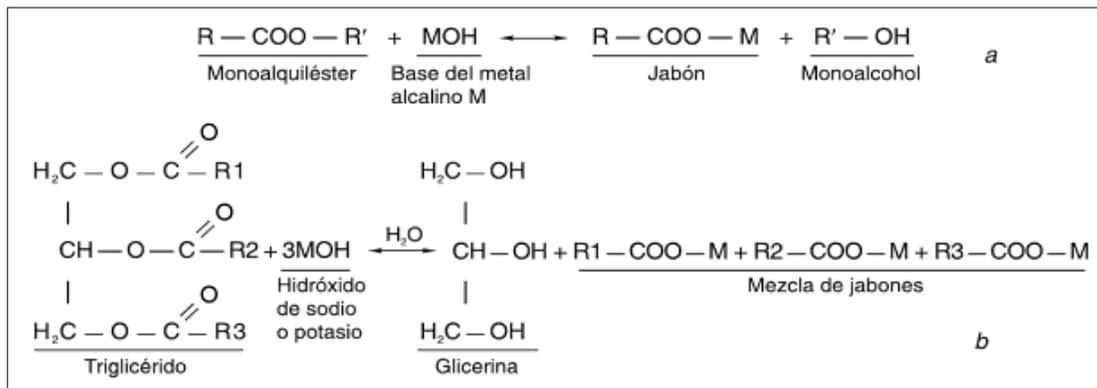


Figura 2. Hidrólisis alcalina y saponificación a. En un monoalquiléster; b. en un triglicérido

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, página. 20

La hidrólisis alcalina o reacción de saponificación se puede llevar a cabo mediante un proceso continuo operado bajo condiciones moderadas de presión y temperatura (2 bar y 120°C). Por tal motivo, dicha reacción, aunque no permite la obtención directa de los ácidos grasos, ha sido preferida a la hidrólisis normal para el desdoblamiento de aceites ricos en ácidos grasos poli insaturados. Los ácidos grasos se pueden liberar posteriormente mediante el tratamiento de los jabones con soluciones de ácidos minerales, como el sulfúrico o el clorhídrico. (*Figura 3*).

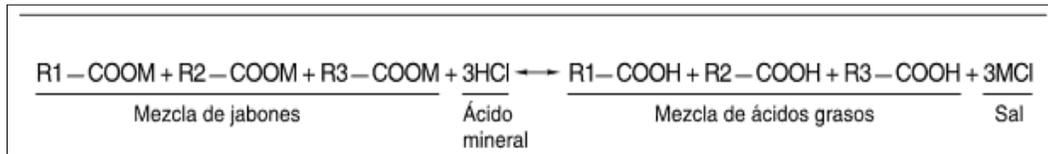


Figura 3. Desdoblamiento de jabones en ácidos grasos

Fuente: Bio Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, pagina. 21

Aunque la producción industrial de jabón tradicionalmente se ha llevado a cabo a través de la saponificación de aceites y grasas, una ruta alterna en la neutralización de los ácidos grasos previamente obtenidos, mediante la hidrólisis de dichas materias primas. Esta opción en dos pasos permite la obtención de jabones de alta calidad, independientemente de la calidad de la materia prima, neutralización es intensiva en el consumo de energía y requiere del uso de materiales especiales para la construcción de los equipos, dada la naturaleza corrosiva de los ácidos grasos.

La neutralización de los ácidos grasos se logra haciéndolos reaccionar con una base fuerte, como los hidróxidos de sodio o potasio. Dicha reacción es rápida y su eficiencia se mejora mezclando los reactivos con mayor intensidad y utilizando las cantidades estequiometrias indicadas por la reacción. *Figura 4*

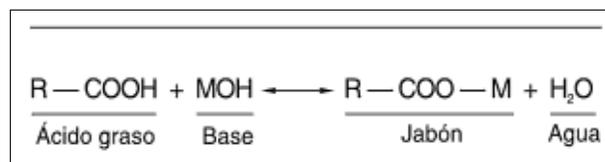


Figura 4. Neutralización de un ácido graso

Fuente: B Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, pagina. 21

Los ácidos grasos vienen perdiendo terreno ante sus alquilésteres derivados (especialmente sus metilésteres) como materias primas básicas para la industria oleoquímica. Lo anterior se debe fundamentalmente a que los alquilésteres son compuestos no corrosivos, poseen puntos de ebullición más bajos (más fáciles de destilar) y son más estables al calor que sus correspondientes ácidos grasos. En ese sentido, el proceso de esterificación, es decir, la

obtención de alquilésteres a partir de los ácidos grasos, cobra importancia y ha sido objeto de renovada actividad de investigación, especialmente en lo que tiene que ver con sistemas catalíticos novedosos que mejoren la eficiencia del proceso, tengan mayor selectividad y permitan facilitar la purificación de los productos

RUTAS PARA LA OBTENCIÓN DE ALQUILESTERES

Del conjunto de reacciones descritas en la sección anterior se pueden identificar las siguientes tres rutas para obtener mono alquilésteres a partir de triglicéridos *figura 5*

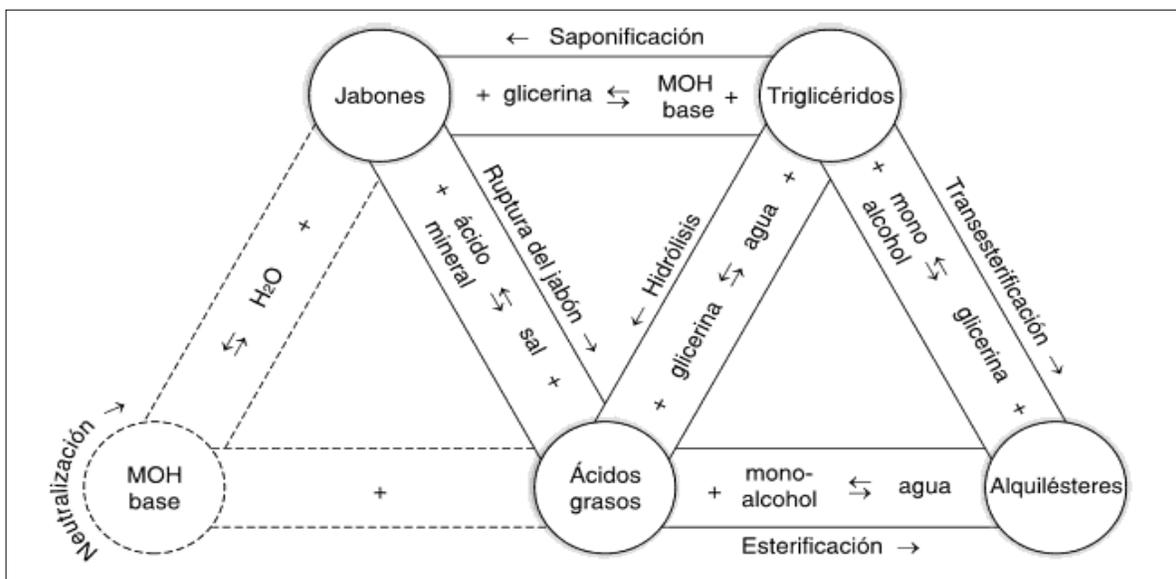


Figura 5. Rutas para la obtención de alquilésteres a partir de los triglicéridos

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, pagina. 25

- RUTA 1: Obtención directa: transesterificación de los triglicéridos para obtener, en un solo paso, monoalquilésteres y glicerol.
- RUTA 2: Obtención indirecta en dos pasos: hidrólisis de los triglicéridos y posterior esterificación de los ácidos grasos.
- RUTA 3: Obtención indirecta en tres pasos: saponificación de los triglicéridos, ruptura de

los jabones y esterificación final de los ácidos grasos.

Aunque por obvias razones la ruta directa es generalmente la más recomendada, bajo ciertas condiciones las demás opciones pueden llegar a ser técnica y económicamente viables.

Los principales factores que pueden influir en la selección de la ruta son: la calidad de la materia prima (contenido de ácidos grasos y humedad), el sistema catalítico utilizado (químico: ácido o básico o enzimático) y la longitud y el grado de ramificación de la cadena del alcohol empleado.

Además de su utilización como combustibles alternativos para motores diésel, los alquilésteres, especialmente los metilésteres, tienen varios usos industriales, ya sea en forma directa o como materias primas para la industria oleoquímica.

Se ha reportado el uso directo de los metilésteres como solventes para la remisión de petróleo crudo en suelos contaminados por derrames, agentes emulsionantes de fluidos para tratamiento de pozos petroleros, combustibles no tóxicos para lámparas, absorbentes para contaminantes orgánicos volátiles en plantas industriales, fluidos transportadores en formulaciones de agroquímicos como pesticidas e insecticidas, entre otros. Por su parte, los isopropilésteres se han utilizado directamente como agentes plastificantes y emolientes.

Otra alternativa de menor difusión pero promisoría es la grasa animal, que hoy en día es un subproducto de la industria frigorífica, vendido principalmente para producir jabones y ceras. De cada animal adulto faenado se obtiene alrededor de 15 kg de sebo. Se puede transformar el sebo bruto en líquido, para luego obtener biodiesel a través de la reacción química provocada por la mezcla de etanol con el hidróxido de potasio para formar etóxido de potasio, y se forma de acuerdo a la siguiente reacción *figura 6*

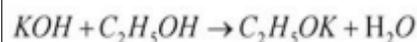


Figura 6. Reacción química provocada por la mezcla de etanol con el hidróxido de potasio

Fuente: Biodiesel: producción, calidad y caracterización – Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo - 2009, página. 20

PROCESOS DE MODIFICACION DE SEBO

Desde un punto de vista de su aplicación comestible, la mayoría grasas sólo tiene una aplicación limitada cuando se los emplea en su forma original, para ampliar su utilización los mismos son modificados de manera física. El proceso de modificación más usual en el sebo es

EL FRACCIONAMIENTO

El Fraccionamiento es un proceso mediante el cual la materia grasa es separada en 2 fases (una sólida y otra líquida) mediante un proceso de Enfriamiento controlado y posterior separación de ambas fases por Filtración.

ETAPAS DEL FRACCIONAMIENTO

El Fraccionamiento se compone de

- Una Cristalización controlada mediante el uso de agua de enfriamiento, con el objeto de cristalizar la materia prima en 2 fases de distinto punto de fusión. Luego de efectuada esta Cristalización, y estando los cristales formados en suspensión en la fase líquida, se realiza
- Una Filtración a fin de separar la fase sólida (estearina) de la fase líquida (oleína).

Uno de los limitantes del biodiesel a partir de esta grasa animal es que en zonas con bajas temperaturas (inferiores a los 5°C) el combustible comienza a solidificarse, evitando su eficaz comportamiento. Otro factor limitante es su alto número de cetano². Estos obstáculos pueden y deben ser solucionados a través del agregado de aditivos o del filtraje del exceso de grasa.

El principal requisito para que se justifique la inversión en una planta dedicada al procesamiento de sebo bovino es la disponibilidad de la materia prima en las áreas aledañas, y en cantidad suficiente.

² El **número o índice de cetano** guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión, denominado “Intervalo de encendido”. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante

CAPITULO 2

QUÉ ES BIODIESEL

Es un combustible ecológico, el cual se obtiene procesando el aceite que se encuentra en plantas oleaginosas como el girasol o la soya y en la grasa animal y/o aceites vegetales usados en frituras, la aplicación más importante es para motores que funcionan a partir del diesel, de acuerdo al porcentaje de biodiesel presentado se denomina B100, B50, B30, queriendo decir con ello:

- 100% biodiesel
- 50% biodiesel y 50% diesel de petróleo
- 30% de biodiesel y 70% de diesel de petróleo.

Este se produce a partir de materias primas renovables es biodegradable, alarga la vida del motor y este funciona sin necesidad de cambiar el motor para la utilización del biodiesel, por otra parte, el biodiesel es un combustible que reduce la contaminación porque las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen un 100 por ciento, es decir, en menos de 21 días desaparece toda traza de él en la tierra, por eso se le considera biodegradable, su uso representa una excelente opción desde el punto de vista ecológico al reducir las emisiones de dióxido de carbono y la dependencia de fuentes de energía no renovables.

En Colombia, la principal materia prima para la producción de biodiesel es el aceite de palma, pues actualmente cuenta con más de 300.000 hectáreas sembradas en palma de aceite y siete plantas productoras de biodiesel (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2015).

CARACTERISTICAS DEL BIODIESEL

El biodiesel es un combustible sustituto del gasóleo para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas aceites vegetales y/o grasas animales, Posee las mismas propiedades del combustible diesel empleado como combustible para automóviles,

camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.

La ASTM lo define como “Ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplean en los motores de ignición de compresión (motores diesel) o en calderas de calefacción”.

Para el caso chileno, este combustible es definido como “Combustible líquido compuesto por una mezcla de ésteres alquílicos obtenidos mediante la reacción química de transesterificación o conversión de ácidos grasos a ésteres metílicos o ésteres etílicos. A partir de aceites vegetales, grasa animal o el aceite comestible usado”.

Este combustible puede utilizarse puro (B100, conocido como “gasoil verde”), o en mezclas de diferentes concentraciones con el diesel de petróleo. La mezcla más utilizada en nuestros días es al 20%, es decir 20 partes de biodiesel y 80 partes de petrodiesel. Cuando es utilizado como aditivo, sus concentraciones normalmente no superan el 5%.

Uno de los principales beneficios del biodiesel es su bajo contenido de azufre y que, debido a la presencia de oxígeno en su composición química, su combustión es más completa, reduciendo la emisión de partículas, monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados, entre otros contaminantes.

Por otro lado, durante su proceso de producción se origina un subproducto altamente valorado, como es el caso de la glicerina, la cual luego de su purificación puede ser utilizada, en múltiples usos, en la industria farmacéutica y cosmética, donde cuenta con una gran demanda.

En la *tabla 3*. Se describen las características ambientales, económicas y mecánicas del biodiesel. Existen varios estudios que muestran que el biodiesel puede ser utilizado en un motor convencional de combustión interna (Diesel) por un tiempo determinado. Investigadores de diferentes partes del mundo han realizado ensayos con Biodiesel en camionetas, buses, camiones y tractores con varias mezclas biodiesel/diesel variando desde 2/98% (B2), 20/80% (B20) hasta

100% (B100), siendo la principal limitante para este caso el punto de nube y las características técnicas del motor.

Tabla 3: Características del biodiesel

Fuente: Evaluación de huella ecológica de la producción de bioetanol y biodiesel en el Salvador, Fernández, Magaña y Pineda, 2015 página 46

ASPECTOS	CARACTERÍSTICAS
Ambientales	Proviene de un recurso renovable.
	Es biodegradable. Estudios de evolución de CO ₂ (pruebas de biodegradabilidad), llevados a cabo por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA: Environmental Protection Agency), demostraron que el biodiesel puro, tiene un 84.4% de biodegradabilidad, mientras que el aceite diesel presentó un 18.2%.
	Es menos contaminante que el gasoil mineral.
	Reduce partículas (smoke) en más de un 50% y las emisiones de CO ₂ .
	Está libre de sulfuro, benceno y aromáticos potencialmente cancerígenos.
	Se obtiene subproductos derivados del proceso como glicerina y fertilizantes orgánicos.
Económicos	La producción de biodiesel tiene importantes incentivos y exenciones fiscales en el ámbito nacional e internacional.
	El Protocolo de Kyoto financia la inversión otorgando “créditos de carbono” a quienes logren reducir las emisiones de CO ₂ .
	Da independencia a la indisponibilidad y variación de precios del diesel fósil.
	Es menos contaminante que el gasoil mineral.
	Es un combustible seguro en su manejo y almacenamiento.
	Utiliza las mismas instalaciones que las empleadas para el diesel fósil.

	Posibilita su propia producción en ciclo completo (cosecha de oleaginosas – prensado de aceite – producción de biodiesel) reduciendo costos e intermediarios.
	La comercialización de sus subproductos (extracto de soja, girasol, etc. como base para alimento balanceado para ganado) constituye un negocio, rentable y permite diversificar riesgos.
	Incrementa la eficiencia y duplica la durabilidad del motor,
Mecánicos	Mejorando su ignición y lubricidad.
	Alto punto de destello aproximadamente 130°C (Diesel fósil aproximadamente 70°C).
	Posee un importante poder lubricante, por lo que puede ser considerado un aditivo para mejorar la lubricidad. Además, el gasoil sin azufre pierde cualidades lubricantes y para suplir dicha falencia, deben usarse aditivos.
	Es importante indicar que motor que funciona con Biodiesel, no emana humo negro del escape.

PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL BIODIESEL

La calidad del biodiesel se controla a través de ciertos parámetros fisicoquímicos que han sido establecidos por las normas técnicas aprobadas en cada país. Los parámetros más importantes son los que interfieren en el funcionamiento y durabilidad del motor, en la potencia desarrollada y en la generación de emisiones y gases contaminantes. En los estudios realizados acerca de la determinación de propiedades, pocas veces se realiza una medición completa de todas y frecuentemente son modeladas las que resultan más relevantes a criterio del investigador, sin embargo este procedimiento es uno de los responsables del elevado rango de variación en los resultados. Las propiedades más importantes se mencionan a continuación.

En la tabla 4 se muestra un resumen de las características típicas del biodiesel y del diesel

petrolífero.

Tabla 4. Especificación de las características del biodiesel y diesel
 Fuente: Proceso para la producción de biodiesel, Ing Rodolfo José Larosa, 2001

Datos fisico-químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Éster metílico Ácidos grasos C12-C22	Hidrocarburo C10-C21
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 cetano	48-60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

- El poder calorífico del biodiesel es de aproximadamente 37 a 38 MJ/l (mega julios por litro). Esto viene a ser un 9% menor que el poder calorífico del gasóleo convencional derivado del petróleo. El poder calorífico puede variar ligeramente según el origen de ese biodiesel (de la planta de la que se obtenga). Como el poder calorífico es menor, en la práctica el mismo motor necesitaría consumir un poco más para realizar el mismo trabajo por eso un vehículo que use biodiesel puede consumir un poquito más, de todos modos hay que decir que ese poder calorífico sería el de un biodiesel puro al 100% (un B100), como normalmente se utilizan mezclas con gasóleo convencional, tipo B20 o B30 (20 y 30% de bio, resto convencional) no se nota un gran cambio en el consumo del vehículo.
- Viscosidad: La viscosidad dinámica es una propiedad por medio de la cual los fluidos ofrecen resistencia a los esfuerzos tangenciales que tienden a deformarlo. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en Pa*s (Pascal por segundo). Algunos motores requieren una viscosidad mínima para evitar pérdidas durante la inyección del combustible. El biodiesel tiene generalmente mayor viscosidad que el diesel. La viscosidad cinemática se define como la relación entre la viscosidad dinámica y la

densidad. Se expresa en Stokes (St).

- **Azufre total:** La cantidad total de azufre limita las emisiones de SO₂ producidos en la combustión y que en la atmósfera producen ácidos de azufre.
- **Punto final de ebullición:** La determinación del punto de 90% recogido en la destilación ayuda a prever el comportamiento de la combustión, porque las gotas líquidas del biodiesel que entran en el motor deben evaporarse y mezclarse con el aire caliente de la compresión para entonces quemarse. El biodiesel tiene rango de destilación menor que el diesel.
- **Punto de inflamación:** Mide la tendencia de un combustible a formar mezclas inflamables con el aire. En el biodiesel este límite se utiliza para garantizar que se haya removido todo el metanol.
- **Punto de escurrimiento:** Es la temperatura más baja a la cual fluirá un líquido. Por definición, el punto de escurrimiento es 3°C mayor que la temperatura de congelación. El punto de escurrimiento depende de la viscosidad.
- **Número de cetano:** Mide la calidad de ignición de un combustible diesel. Un alto número de cetano indica un menor retraso en la ignición, ayuda a un mejor arranque del motor y minimiza la emisión de humo al lograr una combustión más suave.

VENTAJAS DEL BODIESEL

Las ventajas del biodiesel en el combustible diesel son su portabilidad, disponibilidad inmediata, renovabilidad, una mayor eficiencia en la combustión, menor contenido de aromáticos y azufre, mayor número de cetano, mayor biodegradabilidad, mejor las emisiones de gases tóxicos ambientales, tiene un manejo más seguro y además de ser no tóxico, de igual forma cabe resaltar la magnífica propiedad de lubricación de biodiesel y sus similitudes en propiedades

fisicoquímicas a diesel, lo que lo convierte en un excelente combustible para los motores de encendido por compresión, revelando su potencial y la utilidad práctica para la sustitución de petrodiesel en un futuro cercano, el biodiesel ofrece ventajas con respecto al desgaste del motor, el costo y la disponibilidad. Cuando se quema, el biodiesel produce contaminantes que son menos perjudiciales para la salud humana.

Las emisiones de tóxicos que emite el diesel son superiores a las del Biodiesel, uno de los objetivos principales es reducir las emisiones de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, sulfatos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, nitratos hidrocarburos aromáticos policíclicos, y las partículas en suspensión.

El biodiesel tiene mayor lubricidad que el diésel de origen fósil, por lo que extiende la vida útil de los motores.

Es más seguro de transportar y almacenar, ya que tiene un punto de inflamación 100°C mayor que el diésel fósil. El biodiesel podría explotar a una temperatura de 150°C

El biodiesel permite al productor agrícola autoabastecerse de combustible; además, su producción promueve la inclusión social de los habitantes menos favorecidos del sector rural, debido a que no requiere altos niveles de inversión.

El biodiesel alarga la vida útil de los motores, ya que al ser un combustible 100% ecológico no produce dióxido de azufre algo que es muy perjudicial para nosotros que sí lo produce el diesel, pero además de alarga la vida útil del motor, mejora su rendimiento, ya que no tiene impurezas que no se quedan en los conducto de entradas a cilindros y pistones

Respecto a las emisiones de Monóxidos de carbono (CO): la emisión durante la combustión del biodiesel en motores diesel es inferior en el orden del 50% comparada con aquella que produce el mismo motor con combustible diesel y en las emisiones de Dióxido de azufre (SO₂): no se produce emisión de dióxido de azufre por cuanto el biodiesel no contiene azufre. El dióxido de azufre es nocivo para la salud humana así como para la vegetación, así mismo respecto al

balance de dióxido de carbono (CO₂), el dióxido de carbono emitido durante la combustión del biodiesel es totalmente reabsorbido por los vegetales. Por lo tanto el biodiesel puede ser considerado combustible renovable.

De acuerdo a las razones anteriormente expuestas podemos encontrar las siguientes ventajas del biodiesel respecto al diesel

- Su rendimiento en motores es similar al diesel derivado del petróleo
- Puede utilizarse en mezclas con el diesel común en cualquier proporción
- Reduce en gran medida a los humos visibles durante el arranque
- Posee una gran biodegradabilidad
- Es un combustible menos tóxico
- Su transporte y almacenamiento es más seguro
- Permite al productor agropecuario autoabastecerse de combustible
- Permite a países agrícolas tener una fuente de energía alterna al petróleo
- Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor

Por todo lo anteriormente mencionado se puede considerar el biodiesel como un sustituto perfecto del diesel y como un combustible que puede ser la alternativa económica y sostenible en el futuro.

DESVENTAJAS DEL BIODIESEL

Los costos de la materia prima son elevados y guardan relación con el precio internacional del petróleo, dichos costos representan el 70% de los costos totales del biodiesel, por lo que este actualmente es un producto relativamente costoso.

Por su alto poder solvente, se recomienda almacenar el biodiesel en tanques limpios; si esto no se hace, los motores podrían ser contaminados con impurezas provenientes de los tanques

El biodiesel presenta una ligera pérdida de potencia, como consecuencia del poder calorífico ligeramente inferior que el del diesel (12% menor en peso u 8% en volumen), por lo que su consumo es ligeramente mayor.

- En vehículos fabricados con anterioridad al año 2000, con elementos del sistema de distribución de combustible en caucho, el biodiesel puede llegar a disolver estos elementos (dependiendo del porcentaje de la mezcla Biodiesel/gasoil), siendo necesaria su sustitución por otros materiales. En la actualidad los vehículos basados en el ciclo diesel se fabrican con materiales compatibles con el biodiesel. En cualquier caso se recomienda consultar al fabricante del vehículo

CALIDAD DEL BIODIESEL

Los factores que determinan que el biodiesel cumpla con las especificaciones de Calidad son:

- La calidad de la materia prima, que se enfoca sobre todo en el origen del aceite, el cual, debe ser altamente refinado, súper desgomado, seco y neutralizado.
- El control y verificación del proceso productivo.

Los motores que utilicen biodiesel no requieren modificación alguna, solo modelos anteriores a 1998 en los cuales se les cambian los conductos de goma por un material más resistente, debido al alto poder solvente del metil éster que diluye esas gomas. También tiene un alto poder detergente.

Varios factores afectan la calidad del combustible biodiesel después de la transesterificación.

- Un primer factor se relaciona con el hecho de que la transesterificación es una reacción escalonada.
- Un segundo factor tiene que ver con las propiedades inherentes de los ésteres de alquilo que componen el biodiesel.
- Un tercer factor son las condiciones de almacenamiento del combustible. Estos factores

pueden afectar el biodiesel en diferentes formas, dependiendo en gran medida del perfil de los ácidos grasos del combustible y por tanto de la materia prima utilizada.

Los problemas técnicos que enfrenta el biodiesel como problemas de flujo en frío y estabilidad de oxidación se pueden asociar con uno o más de estos factores.

Todos estos problemas se abordan a través de límites en ciertas especificaciones en las normas de biodiesel, incluyendo la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) D6751 (Sf) que se presenta en la *Tabla 5*. Otra norma que se usa comúnmente es la Norma Europea para Biodiesel en 14214 (European Committee for Standardization, en) y para efectos de comparación se presenta en la *Tabla 5 Y 7*.

ASTM establece las normas para el biodiesel

Para elaborar biodiesel con calidad se hace necesario tener en cuenta las Normas Nacionales e Internacionales, que estipulen las variables para dar cumplimiento de acuerdo a los parámetros establecidos para tal fin, todo ello debe dar como resultado un excelente comportamiento en los motores a usar

La ASTM International está fomentando el uso de una fuente de energía renovable alternativa con la publicación de octubre de 2008 de especificaciones nuevas y revisadas para el biodiesel.

El desarrollo de las especificaciones para los combustibles mezclados empezó en 2001 luego de la publicación de la norma D6751 de la ASTM, especificación para las existencias de mezclas de combustible biodiesel (B100) para los combustibles de destilación intermedia.

Entre las normas nuevas y modificadas, están las siguientes:

- La ASTM D6751-08, especificación para las existencias de mezclas de combustible biodiesel (B100) para combustibles de destilación intermedia, que se modificó para incluir

un requisito que controle las combinaciones secundarias y que brinda una información más precisa sobre cómo funcionará el combustible cuando el ambiente está frío.

- La ASTM D975-08a, especificación para el fueloil para los motores diesel (que se usa en aplicaciones diesel convencionales y todo terreno), se modificó y ahora permite hasta un 5% de biodiesel. Esto permite que las mezclas B5 se traten de la misma manera que el diesel convencional a efectos de la realización de ensayos.

- La ASTM D396-08b, especificación para el fueloil (usado en sistemas de calefacción y en calderas), que se modificó y ahora permite hasta un 5% de biodiesel. Como la norma D975, esta modificación permite que las mezclas B5 se traten de la misma manera que el fueloil convencional a efectos de la realización de ensayos.

- La ASTM D7467-08, especificación para las mezclas de biodiesel (B6 a B20) de fueloil para motores diesel, es una especificación totalmente nueva que rige las propiedades de las mezclas que contienen entre 6% y 20% de biodiesel para ser usadas en motores diesel convencionales y todo terreno.

Varios factores afectan la calidad del combustible biodiesel después de la transesterificación. Un factor se relaciona con el hecho de que la transesterificación es una reacción escalonada. Otro factor tiene que ver con las propiedades inherentes de los ésteres de alquilo que componen el biodiesel. Un tercer factor es la influencia de materiales extraños como la exposición a otros materiales y las condiciones de almacenamiento del combustible. Estos factores pueden afectar el biodiesel en diferentes formas, dependiendo en gran medida del perfil de los ácidos grasos del combustible y por tanto de la materia prima utilizada. Los problemas técnicos que enfrenta el biodiesel como problemas de flujo en frío y estabilidad de oxidación se pueden asociar con uno o más de estos factores. Todos estos problemas se abordan a través de límites en ciertas especificaciones en las normas de biodiesel, incluyendo la norma astm (American Society for Testing and Materials) D6751 (Sf) que se presenta en la Tabla 5.

"Estas normas han pasado el riguroso proceso de votación de la ASTM", "Si un combustible que cumple estas normas, entonces podrá estar seguro de que es apto para su propósito y que funcionará bien en su motor".

➤ PUNTO DE INFLAMACION

El punto de destello es la temperatura más baja en la cual un líquido puede formar una mezcla que combustiona con el aire cerca de la superficie del líquido, cuanto más bajo es el punto de destello, más fácil es encender la materia,. Resulta importante por los requerimientos legales en lo que respecta a la seguridad en el manejo y almacenamiento del mismo.

➤ CONTROL DEL ALCOHOL

Se define así el comportamiento del combustible en condiciones climáticas a baja temperatura reconociéndose los grados a partir de los cuales comienzan a formarse dentro del combustible, pequeños cristales.

Tabla 5. Norma ASTM (American Society for Testing and Materials) D6751 (Sf)

Fuente: National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Peoria, IL 61604, USA, Gerhard Knothe, 2010, pagina 164

Norma astm para biodiésel D6751-09				
Propiedad	Limite		Unidad	Método de prueba
	Min	Max		
Punto de inflamación	93		°C	D 93
Control de alcohol Debe cumplir con una de las siguientes: 1. Contenido de metanol 2. Punto de inflamación	130	0,2	masa % °C	en 14110 D93
Agua y sedimento		0,050	% volumen	D2709
Número ácido		0,50	mg KOH / g	D664
Ceniza sulfatada		0,020	% masa	D874
Corrosión lámina de cobre		No. 3		D130
Residuo de carbono		0,050	% masa	D4530
Viscosidad cinemática	1,9	6,0	mm ² /s	D445
Número de cetano	47			D613
Punto de turbidez	Reporte		°C	D2500
Filtrabilidad de impregnado en frio		360	Segundos	Anexo A1
Estabilidad de oxidación	3		horas	en 14112
Glicerina libre		0,020	% masa	D6584
Glicerina total		0,240	% masa	D6584
Sodio y potasio, combinados		5	ppm (µg/g)	en 14538
Calcio y magnesio, combinados		5	ppm (µg/g)	en 14538
Azufre*		0,0015 0,05	% masa (ppm)	D5453
Contenido de fósforo		0,001	% masa	D4951
Temperatura destilación, Temperatura atmosférica equivalente, 90% recuperado		360	°C	D1160

* Diferentes límites de azufre para S15 (15 ppm azufre) y S500 (500 ppm azufre combustible).

➤ NÚMERO ÁCIDO

Determina el nivel de ácidos grasos libres que se encuentran en el combustible, los depósitos y la corrosión se evitan con la eliminación de los mismos.

➤ CENIZAS SULFATADAS

La formación de cenizas puede presentarse en tres formas diferentes:

- Sólidos abrasivos.
- Jabones metálicos solubles.
- Catalizador remanente.
-

Es importante rescatar que los sólidos abrasivos y el catalizador remanente pueden provocar un desgaste prematuro del inyector, la bomba inyectora, pistones, aros y la formación de depósitos en el motor.

➤ CORROSIÓN DEL COBRE

Es importante ya que indica la presencia de ácidos o contenido de sulfuros que puedan provocar corrosión en el motor.

➤ RESIDUO CARBONOSO

Es un indicador de la tendencia del combustible a formar depósitos de carbono.

➤ VISCOSIDAD

Para algunos motores la especificación de un mínimo de viscosidad que puede generarse debido

a la pérdida de potencia por parte de la bomba inyectora y pérdidas de combustible en el inyector, puede llegar a ser un gran beneficio, por cuestiones de diseño y tamaño de los motores, y las características propias del sistema de inyección resulta necesario un límite admisible máximo que el del gas oíl, por lo que las mezclas de este último con Biodiesel, reducen la viscosidad del mismo.

➤ NUMERO DE CETANO

Para evaluar la calidad de ignición del combustible y la presencia de humos negros y rudeza de marcha, es imprescindible observar el número de cetano. El requerimiento de mayor o menor número de cetano depende por un lado del diseño, tamaño, variación de carga y velocidad y por otro lado de las condiciones atmosféricas.

➤ PUNTO DE TURBIDEZ

El punto de turbidez es afectado por la salinidad, siendo generalmente más bajo en los fluidos más salinos.

➤ FILTRABILIDAD DE IMPREGNADO EN FRIO

(CSFT – Cold Soak Filtration Test) ASTM7501, El éster tratado exhibe un desempeño mejorado bajo condiciones meteorológicas frías, esto se puede medir a través del ensayo de filtrabilidad de impregnado en frío.

➤ ESTABILIDAD DE OXIDACIÓN

La estabilidad de oxidación se expresa como tiempo de inducción. Depende en gran medida del tamaño de las partículas de la muestra: entre más pequeñas son las partículas, menor será el tiempo de inducción

➤ GLICERINA LIBRE

Un alto contenido de la misma dentro del combustible bloquea los inyectores y obstruye los conductos del mismo combustible.

➤ GLICERINA TOTAL

Es una señal del total de glicerina en el combustible, tanto libre como no libre. Si su nivel es bajo, asegura que ha habido una alta conversión de aceites o grasas en esteres monoalquílicos. Si su nivel de mono-, di- y triglicéridos es alto, puede bloquear los inyectores y afectar la performance en climas fríos. En la producción de biodiesel es necesario el desarrollo de normas confiables que aseguren su uso y se presenten parámetros técnicos del producto.

➤ SULFUROS

Afectan principalmente el desenvolvimiento de los sistemas de control de emisiones. Los efectos de la presencia de sulfuros pueden variar considerablemente dependiendo en gran medida de las condiciones de operación.

Dentro de las normas elaboradas en las Naciones Desarrolladas se encuentran:

- Austria: ONORM C 1190
- Alemania: DIN V51606
- EE.UU.: ASTMPS121

Estos países han establecido normas similares para el Biodiesel con especificaciones particulares, como por ejemplo, la cuantificación de glicerol.

La normativa europea tiene la particularidad de incluir el número de Yodo, ya que generalmente, en dicho continente se utiliza aceite de colza en la fabricación de Biodiesel.

El valor máximo aceptable es de 115 que excluiría al aceite de soja y su éster, puesto que estos exceden dicho límite.

Los países como EE.UU. y las Naciones Europeas, la legislación regula el contenido de azufre en gasoil llevándolo a niveles cercanos a cero para un futuro no muy lejano. En Europa se ha establecido el uso obligatorio del 5% de Biodiesel como aditivo del gasoil mineral, el cual llevaría al 10 %.

Tabla 6. Propiedades de calidad del biodiesel – NTC 5444

Fuente Tablero de comando para la promoción de los biocombustibles en Colombia, German Corredor Avella, 2009, pagina 21

Propiedades	Unidad	ASTM 6 751	EN 14 214	NTC 54 44	Biodiesel de palma
Densidad (15 c)	g/ml	-----	0,860-0,900	860-900	0,875
Viscosidad a 40 c	mm ² /s	1,9-6,0	3,5-5,0	1,9-6,0	4,49
Numero de cetano	Cetanos	min 47	min 51	min 47	68
Punto de chispa	C	min 130	min 120	min 120	159
Punto de fluidez	C	Reportar	Depende de la región	Reportar	12
Estabilidad a la oxidación	Horas	min 3	min 6	min 6	26
Estabilidad térmica	% Reflect	N.R.	N.R.	min 70	99
Índice de yodo	g yodo/100g	N.R.	max 120	max 120	58
Corrosión lamina de cu	N/A *	1	1	1	1a
Numero acido	mg KOH/g	0,8 max	0,5 max	max 0,5	<0,1
Contenido de agua	mg/Kg	500 max	500 máx	500 máx	380
Contenido de fósforo	mg/Kg	max 10	max 10	max 10	1,26

Esta decisión se fundamenta en la comprensión de que el Biodiesel es menos contaminante ya que no contiene aromáticos polinucleares, el contenido de combustible no quemado presente en los gases de escape es menor así como también el material particulado y los aldehídos.

Otra norma que se usa comúnmente es la Norma Europea para Biodiesel en 14214 (European Committee for Standardization, en) y para efectos de comparación se presenta en la *Tabla 7*

Establecen los requisitos de calidad para el biodiesel que se utilizará puro o en mezcla en motores diésel. Las tres de referencia son

- EN 14214 – Unión Europea
- ASTM 6751 – Estados Unidos
- En Colombia: NTC 5444 (Armonizada con las dos anteriores)

COMPOSICION QUIMICA DEL BIODIESEL.

Los elementos más importantes de la grasa animal y vegetal son los triglicéridos y ácidos grasos, siendo los triglicéridos el mayor componente, cuando estos se hacen reaccionar con moléculas de bajo peso molecular puede ser un alcohol el etanol o metanol se produce un intercambio de grupos funcionales este intercambio se llama reacción de transesterificación los grupos alcoholes empiezan a atacar a los triglicéridos para formar di glicéridos cuando el ataque continua mono glicéridos y al final forman glicerol que es conocido como glicerina y tres moléculas de éster metílicos es una molécula similar de petróleo son ambas moléculas hidro carburatadas la diferencia del Ester es que tiene dos átomos de oxigeno por tanto en el proceso de combustión este oxigeno sea consumidos, mientras que la molécula de petróleo el aporte de la combustión es directamente de la atmosfera, la molécula de Ester metílico es el mismo biodiesel, este es renovable por proceder de las grasas animales y vegetales, cuando el biodiesel no tiene conversión completa o tiene mayor cantidad de ácidos grasos estos procesos no son eficientes y no son de buena calidad, *figura 7 y 8.*

Tabla 7. Norma Europea para Biodiesel en 14214 – 2008

Fuente: National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Peoria, IL 61604, USA, Gerhard Knothe, 2010, pagina 165

Norma Europea para Biodiésel en 14214 – 2008				
Propiedad	Límite		Unidad	Método de prueba
	Min	Max		
Contenido de éster	96.5			en 14103
Punto de inflamación	101		°C	en iso 2719 en iso 3679
Contenido de metanol		0.20	% (m/m)	en 14110
Contenido de agua		500	mg/kg	en iso 12937
Valor ácido		0.50	mg KOH / g	en 14104
Ceniza sulfatada		0.02	% (m/m)	iso 3987
Corrosión lámina de cobre	No. 1			en iso 2160
Residuo de carbono (10% residuo dist.)		0.30	% (m/m)	en iso 10370
Contaminación total		24	mg/kg	en 12662
Densidad a 15°C	860	900	kg/m ³	en iso 3675 en iso 12185
Viscosidad cinemática	3.5	5.0	mm ² /s	en iso 3104
Número de cetano	51			en iso 5165
Estabilidad de oxidación, 110°C	6		horas	en 14112
Glicerina libre		0.020	% (m/m)	en 14105 en 14106
Glicerina total		0.240	% (m/m)	en 14105
Contenido de monoglicéridos		0.80	% (m/m)	en 14105
Contenido de diglicéridos		0.20	% (m/m)	en 14105
Contenido de triglicéridos		0.20	% (m/m)	en 14105
Índice de yodo		120	g yodo / 100 g	en 14111
Contenido de ácido linoléico		12	% (m/m)	en 14103
Contenido de fame con ≥ 4 enlaces dobles		1	% (m/m)	
Metales Grupo I (Na + K)		5	mg/g	en 14108 en 14109 en 14538
Metales Grupo II (Ca + Mg)		5	mg/g	en 14538
Azufre		10	mg/kg	en iso 20846 en iso 20884
Contenido de fósforo		4	mg/kg	en 14107

CAPITULO 3

COMPORTAMIENTO DEL BIODIESEL EN EL MUNDO

Los combustibles Biodiesel están atrayendo cada vez más atención en todo el mundo como una mezcla componente o un reemplazo directo para el gasóleo en los motores de los vehículos. El Biodiesel es una mezcla de ácidos grasos (longitud de la cadena C14-C22) ésteres alquílicos, derivado de una materia prima renovable lípidos, como el aceite vegetal o grasa animal. En el caso de que el metanol o etanol se utilicen como reactivos, será una mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos o ésteres etílicos de los ácidos grasos, respectivamente. Sin embargo, el metanol es frecuente y ampliamente utilizado en la producción de biodiesel debido a su bajo costo y la disponibilidad. Otros alcoholes como isopropanol y butilo también pueden ser utilizados. Un factor de calidad para el alcohol primario es el contenido en agua, lo cual interfiere con la transesterificación las reacciones y puede resultar en una mala producción y alto nivel de jabón, los ácidos grasos libres (AGL) y la etiqueta en el final del combustible

La forma más común de producir biodiesel es mediante transesterificación, especialmente Alcalino catalizada por transesterificación], los que más se utilizan son los catalizadores para convertir código de biodiesel en hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y metóxido de sodio. Los catalizadores alcalinos son altamente higroscópicos³ y la forma química del agua cuando se disuelven en el alcohol reactivo, también absorben el agua del aire durante el almacenamiento, los catalizadores son ácido sulfúrico y ácido fosfórico, siendo más relacionado directamente esterificación de AGL⁴, si bien se considera que es lento para procesamiento industrial, cuando la materia prima (aceites o grasas) tienen un alto porcentaje de AGL o de agua, catalizador alcalino reacciona con el AGL para formar jabones.

Un combustible alternativo al petróleo debe ser técnicamente viable, económicamente competitivo y ambientalmente aceptable y fácil de usar. El uso de aceites vegetales y grasas de

³Son higroscópicos todos los compuestos o sustancias que atraen y absorben el agua en forma de vapor o líquido del ambiente. Por este motivo, estos compuestos son usados –entre otras cosas- como desecantes para eliminar la humedad del aire

⁴AGL “Ácidos Grasos Libres” Son ácidos grasos que tienen un grupo ácido pero que no están unidos a un alcohol. Generalmente los ácidos grasos están unidos al glicerol formando triglicéridos y por lo tanto no se encuentran libres.

origen animal han sido base para la elaboración del biodiesel, debido a que tienen una mejor viscosidad, volatilidad y la combustión con respecto al comportamiento de los ⁵.triacilgliceroles, y puede ser utilizado en motores diesel convencionales sin modificaciones significativas.

El biodiesel descompone el caucho natural, por lo que es necesario sustituir éste por elastómeros sintéticos en caso de utilizar mezclas de combustible con alto contenido de biodiesel.

El impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva, especialmente en los países en vías de desarrollo o del Tercer y Cuarto Mundo generan aumento de la deforestación de bosques nativos, expansión indiscriminada de la frontera agrícola, desplazamiento de cultivos alimentarios y ganadería, destrucción del ecosistema y la biodiversidad, desplazamiento de trabajadores rurales.

Se ha propuesto en los últimos tiempos denominarlo agrodiesel ya que el prefijo «bio-» a menudo es asociado erróneamente con algo ecológico y respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, algunas marcas de productos del petróleo ya denominan agrodiesel al gasóleo agrícola o gasóleo B, empleado en maquinaria agrícola.

En países desarrollados y en países en vía de desarrollo como Brasil el biodiesel mezclado se ha llevado a cabo programas de reducción de dependencia de los combustibles fósiles y sus ventajas para el medio ambiente, incluidas las actividades de mitigación del cambio climático. La actual producción de biodiesel, a partir de diferentes materias primas grasas, alcanza alrededor de 6 mil millones de litros por año y representa el 10% del total de producción de biocombustibles. No obstante, en muchos casos las ventajas reales de producción del biodiesel y el uso no están claramente evaluados, esencialmente la viabilidad de producción de biodiesel puede ser determinado por su eficiencia en conversión de energía solar, expresa una demanda relativa de los recursos naturales (tierra y energía) para producir biocombustible.

PROTOCOLO DE KIOTO

⁵ Los triglicéridos, triacilglicéridos o triacilgliceroles son acilgliceroles, un tipo de lípidos, formados por una molécula de glicerol, que tiene esterificados sus tres grupos hidroxílicos por tres ácidos grasos, ya sean saturados o insaturados

Es un mecanismo internacional acordado en 1997 que surgió del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC).

Reunió en un principio a 55 naciones industrializadas para hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Estos países representaban en ese momento el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Hoy en día son 129 los países que lo han ratificado alcanzando el 61,6 % de las emisiones como indica el barómetro de la UNFCCC.

Este protocolo tiene como objetivo principal reducir (para el período 2008-2015, los niveles registrados en 1990) en un 5,2% las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano como:

- dióxido de carbono (CO₂)
- metano (CH₄)
- óxido nitroso (N₂O)

Y los tres gases industriales fluorados como:

- hidrofluorocarbonos (HFC): Compuestos que contienen sólo átomos de hidrógeno, flúor y carbono. Fueron introducidos como alternativas a sustancias en atender muchas necesidades industriales, comerciales y personales que agotan la capa de ozono. HFC⁶ se emiten como subproductos de procesos industriales y también se utilizan en la fabricación. Significativamente no agotan la capa de ozono estratosférico, pero son gases de efecto invernadero potente con potenciales de calentamiento atmosférico

⁶ Los hidrofluorocarburos (HFC) son hidrocarburos en los que algunos de los átomos de hidrógeno, pero no todos, han sido reemplazados por flúor. Los átomos de flúor no catalizan en estos compuestos la destrucción del ozono, por lo que los HFC no dañan la capa de ozono. Así, HFC como el tetrafluoroetano se han convertido en sustitutos favoritos de los CFC. Estos dañan la capa de ozono.

- perfluorocarbonos (PFC): Los PFCs está siendo usadas en los equipos de refrigeración y en la limpieza y composición de los extintores. Sin embargo, los PFCs fomentan el efecto invernadero, y además son un problema a largo plazo puesto son activos hasta en 50.000 años
- hexafluoruro de azufre; es un gas inerte, más pesado que el aire, no es tóxico ni inflamable, pero es asfixiante y posee un color y olor característicos. Se produce por reacción directa a unos 300 ° C de azufre fundido y el flúor gaseoso. Es estable en condiciones normales, y al exponerlo a elevadas temperaturas, se descompone dando lugar a productos tóxicos los cuales pueden ser corrosivos en presencia de humedad.

Dichos objetivos se encuentran en un marco legal que le da carácter obligatorio.

BIODESEL EN AMERICA DEL SUR

El auge de los biocombustibles se llevó a cabo después de la gran crisis del petróleo que impactó al mundo en los años 70. En ese período, la misión de abastecer la demanda mundial fue dada principalmente a los biocombustibles líquidos. América del Sur tiene un conjunto de fuentes de energía renovables y muestra un gran potencial para contribuir al suministro de energía del mundo en los próximos años. Brasil lidera la producción de biocombustibles en el Sur y en América Latina desde los años 60 y también se destaca en una escala global. Teniendo en cuenta este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo acercar el escenario actual y las perspectivas de los principales países de América del Sur, cuyas matrices de energía recibirá una contribución apropiada de biocombustibles líquidos. En América del Sur, los biocombustibles líquidos se destacan entre las energías renovables, representados en su mayoría por el etanol y el biodiesel. Brasil y Argentina lideran el escenario y las perspectivas de estos biocombustibles en América del Sur, mientras que países como Perú y Uruguay buscan alternativas para el suministro de tales demandas en su lucha interna por legislaciones que estimulan el uso de los biocombustibles en la matriz energética.

BIODESEL EN COLOMBIA

En Colombia, el uso de biodiesel ha tenido un gran desarrollo en los últimos años como resultado de la política estatal de incentivo hacia los biocombustibles. Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el quinto en el mundo, y además, es uno de los principales productores de biodiesel en América Latina. Tiene como fortaleza gremios que cuenta con sólidas instituciones, tales como FEDEPALMA (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite) y FEDEBIOCOMBUSTIBLES (Federación Nacional de Biocombustibles).

En Colombia, la principal materia prima para la producción de biodiesel es el aceite de palma, pues actualmente cuenta con más de 300.000 hectáreas sembradas en palma de aceite y cinco plantas productoras de biodiesel (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2012).

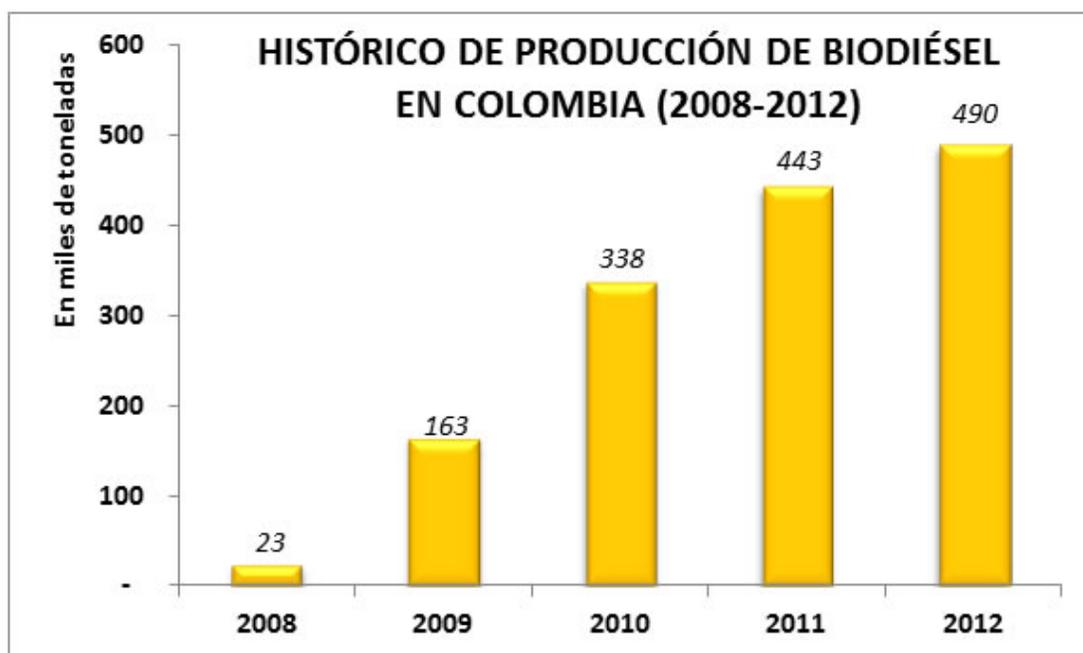
Es destacable la obtención de biodiesel a partir de materias primas alternativas, como los residuos grasos animales y aceites de fritura usado, utilizadas principalmente en países como Canadá, México e Irlanda, estas son una materia prima ideal para la producción de biodiesel a bajo costo, ya que normalmente el biodiesel se obtiene de aceites vegetales de alto valor que representan cerca del 85% de los costos de producción, cabe mencionar que las grasas animales son altamente viscosas y en su mayoría sólida a temperatura ambiente, debido a su alto contenido de ácidos grasos saturados, por lo que su uso como combustibles puede conducir a mala atomización del mismo, y en consecuencia una combustión incompleta.

La transesterificación y la emulsificación son dos de las soluciones principales que han aparecido como métodos eficaces para el uso de grasas animales en el motor diesel. Además, su índice de cetano alto y los valores de calefacción están cerca del combustible diesel, al igual que su contenido de oxígeno, que mejora la combustión con menor relación aire/combustible, así mismo se ha demostrado que existe una buena disponibilidad de estas materias primas, evitando los debates éticos de utilizar cultivos y tierras que se destinan para fines alimenticios, además estimaciones hechas en Noruega por Anderson y Weinbach (2010) muestran que es posible obtener 2,5 toneladas de ácidos grasos de residuos de origen animal por cada 1000 familias al año.

En 2001, se expidió la ley 693, que está articulada a la ley 939 de 2004, con lo que se abrió el camino a la producción de biocombustibles. En la ley 939 de 2004 se estimula la producción y comercialización de biodiesel de origen vegetal o animal en motores diesel, en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El fruto del trabajo de las especificaciones del biodiesel se ratificó en 2006 en la NTC 5444, tabla 6, Biodiesel para uso en motores diesel. Aquí se cubren las especificaciones para los alquil esterres de ácidos grasos para uso como combustible o como componente de mezclas con combustibles diesel, cuyas características están definidas en la NTC 1438 Petróleo y sus derivados (Combustibles para motores diesel), Colombia es el primer productor americano y quinto productor mundial de aceite de palma, por lo cual es el principal cultivo destinado a producción de biocombustibles, En Colombia en el año 2006 las materias primas vegetales destinadas a la producción de biodiesel fueron 56.000 toneladas y en 2007 fueron 75.000 toneladas, en ambos años no se reportó consumo de una fuente diferente, En la actualidad Colombia consume más de 89.000 barriles diarios de combustible diesel, y una gran parte de este consumo puede trasladarse a biodiesel tanto de origen vegetal como animal. Las importaciones de biodiesel actualmente son de 4.000 barriles diarios y estas son compensadas por las exportaciones de 12.000 barriles diarios de gasolina, por lo tanto el biodiesel puede representar un factor económico de importancia para el país, ya que actualmente se presenta como un combustible sustituto de los tradicionales derivados del petróleo sobre todo debido a la tendencia mundial en cuanto al incremento del precio del petróleo y su incidencia sobre los combustibles derivados,

Tabla 8. Histórico de producción de biodiesel en Colombia
Fuente: Biocombustibles hoy, boletín informativo No. 81, Fedecombustible, 2013



La producción de biodiesel en Colombia fue de aproximadamente 490 mil toneladas durante el año 2012. Lo anterior muestra un aumento del 10,6% con respecto a la producción registrada para el año 2011 en el cual se alcanzó una cifra de 443 mil toneladas. Con relación al año 2010, el aumento es más significativo, ya que la producción de dicho año fue de 338 mil toneladas, lo que muestra una diferencia del 45% con 2012, como se muestra en la tabla 8

MARCO JURIDICO EN COLOMBIA

En diciembre de 2004 se expidió la ley 939, con el propósito principal de estimular la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel a través de las exenciones del impuesto del IVA e impuesto global para el productor de biocombustible. En la actualidad se encuentra en trámite en el Congreso de la República el proyecto de la ley 048 de 2005 por el cual se expiden normas sobre biocombustibles renovables de origen biológico para motores diésel y se crean estímulos para su producción,

comercialización y consumo, se dictan otras disposiciones.

La normatividad sobre el tema está contenida en los siguientes instrumentos jurídicos

- Ley 939 de 2005- Incentivo para la producción de biocombustibles
- Resolución 1289 – Calidad de biocombustibles
- Proyecto de Ley 048 -
- Resolución 181780- Estructura precios biodiesel.
- Ley 1083 de 2006 Normas sobre planeación urbana sostenible

VENTAJAS DEL BIODIESEL EN COLOMBIA

No requiere mayores modificaciones para su uso en motores diesel comunes. Permite al productor agropecuario autoabastecerse de combustible y a países agrícolas independizarse de los países productores de petróleo. Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor. Se ha mostrado por muchos estudios como una alternativa de combustible que reduce las emisiones de: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), dióxido de azufre (SO₂), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), y material particulado (PM), en comparación con el combustible diesel. Su rendimiento en motores es similar al diesel común. Puede utilizarse en mezclas con gasoil común en cualquier proporción. Reduce en gran medida los humos visibles durante el arranque. Posee una gran biodegradabilidad. Es aproximadamente diez veces menos tóxica que la sal común de mesa. Su transporte y almacenamiento es más seguro dado su alto flash point⁷. No contiene azufre, y permite el uso de catalizadores. No es nocivo para la salud humana, para la vegetación, los animales vivos y no daña monumentos y/o edificios. El olor de combustión asemeja el olor a fritura, a diferencia del olor del gasoil.

DESVENTAJAS DEL BIODIESEL EN COLOMBIA

⁷ Temperatura mínima de un líquido a la cual su presión de vapor es lo suficientemente alta para producir una mezcla inflamable con aire.

Presenta elevados costos de materia prima, aunque en el caso de Colombia por ser un país agrícola y pecuario no habría problema. Su combustión puede acarrear un aumento de óxidos de nitrógeno (NOX). Presenta problemas de fluidez a bajas temperaturas (menores a 0°C). Presenta escasa estabilidad oxidativa, y su almacenamiento no es aconsejable por períodos superiores a seis meses. Su poder solvente lo hace incompatible con una serie de plásticos y elementos derivados del caucho natural, y a veces obliga a sustituir mangueras en el motor. Su carga en tanques ya sucios por depósitos provenientes del gasoil puede presentar problemas cuando por su poder solvente “limpia” dichos depósitos

ORGANOS QUE REGULAN EL SECTOR DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

La ley determina que el Ministerio de Minas y Energía es el ente regulador del sector y es el que fija los porcentajes de mezcla, el precio de los biocombustibles según fórmulas precisas ya establecidas por Resolución, que tienen en cuenta el costo de la materia prima, los insumos y recursos utilizados para producirlos. Además, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, encabeza la Comisión Intersectorial de Biocombustibles, establecida por el Documento CONPES 3510 de 2008, para el desarrollo sostenible del sector.

El Gobierno Nacional ha dispuesto que la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, sea la encargada de la fijación de los precios de los biocombustibles, a partir del año 2012. La CREG, es una entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, que actualmente tiene la misión de “regular los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible de manera técnica, independiente y transparente”.

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

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

El rendimiento promedio para oleaginosas como girasol, maní, arroz, algodón, soja o ricino ronda los 900 litros de biodiesel por hectárea cosechada. Esto puede hacer que sea poco práctico para países con poca superficie cultivable; sin embargo, la gran variedad de semillas aptas para su producción (muchas de ellas complementarias en su rotación o con subproductos utilizables en otras industrias) hace que sea un proyecto sustentable no obstante, se está comenzando a utilizar la jatrofa⁸ para producir aceite vegetal y, posteriormente, biodiesel y que puede cultivarse incluso en zonas desérticas.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE DIESEL (ACPM) EN COLOMBIA

De acuerdo a las proyecciones de UPME hechas hasta el año 2020 el consumo del Diesel en el país siga creciendo de manera progresiva llegando a los 150.000 barriles diarios aproximadamente, figura 9. De igual forma, este incremento proyectado de la demanda plantea la necesidad de incrementar progresivamente las importaciones de Diesel para el país, la cual podría superar para esa fecha los 25.000 barriles diarios de este combustible. Teniendo en cuenta, que la legislación colombiana obliga la mezcla de un porcentaje del Diesel con el Biodiesel se abre para este último un panorama halagador, máxime cuando uno de los objetivos de la estrategia nacional hacia los biocombustibles es disminuir los volúmenes de importación del petróleo y sus derivados.

Estructura actual del Mercado Nacional de Biodiesel (Mercado Potencial): El consumo de biocombustibles está asociado con el sector transporte, pues obedece al comportamiento del consumo de Gasolina y ACPM del país, donde la participación del sector transporte en el consumo total de gasolina es del 97%, mientras que ACPM participa con el 70%²⁰

⁸ Género de plantas tropicales euforbiáceas, una de cuyas especies, la *Jatropha curcas* suministra unas semillas denominadas piñones de las Indias, utilizadas como purgantes. Otra especie de interés es la *Jatropha manihot* (*) de la que se obtiene la tapioca

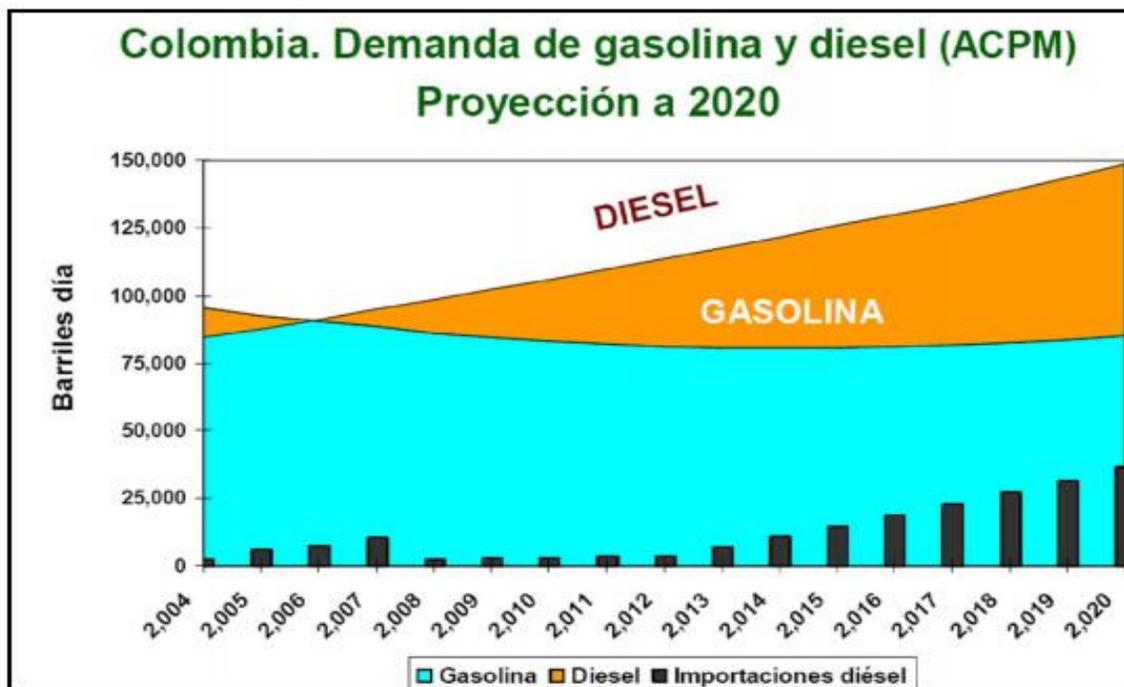


Figura 9: Proyección para Colombia del consumo de Gasolina y Diesel hasta el año 2020
Fuente: UPME, Unidad de Planeación Minero Energética año 2005

Los programas de mezcla de biocombustibles han permitido que en buena parte del territorio nacional se distribuya mezcla de 10% de alcohol carburante con gasolina, y 5% de Biodiesel con ACPM, y se tienen previstos nuevos proyectos que permiten cubrir la totalidad de la demanda nacional con los porcentajes establecidos y adicionalmente avanzar a porcentajes superiores. A diferencia del programa de alcohol carburante, el programa de mezcla de biocombustible para motores Diesel se ha desarrollado de acuerdo con la oferta de biodiesel y en consecuencia es la Costa Atlántica donde se inicia la mezcla del 5%, durante el 2008 y particularmente en los departamentos de Bolívar y Atlántico. Actualmente el 100% de la demanda de Diesel en el país está mezclada con Biodiesel. La Costa Atlántica, Santander y Antioquia al 7%, y el resto del país al 5%. A partir del 1° de abril del 2009 se inició la distribución de ACPM mezclado con biodiesel al 5% en los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Caldas y Quindío, además que se reinicia la misma en el departamento de Bolívar y a partir del 15 de abril del 2009 comenzó la mezcla de ACPM - biodiesel en el departamento de Antioquia, de acuerdo con el Decreto número 2629 de julio 10 de 2007 A partir del 1° de enero del año 2010 se deberán utilizar en el país mezclas de diesel de origen fósil 34 con biocombustibles para uso en motores

diesel en proporción 90 – 10, es decir 90% de ACPM y 10% de biocombustible (B10). Según el mismo Decreto, a partir del 1° de enero del año 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor, que requieran para su funcionamiento diesel o ACPM, que se produzcan, importen, distribuyan y comercialicen en el país, deberán estar acondicionados para que sus motores utilicen como mínimo un B-20, es decir que puedan funcionar normalmente como mínimo utilizando indistintamente diesel de origen fósil (ACPM) o mezclas compuestas por 80% de diesel de origen fósil con 20% de Biocombustibles para uso en motores diesel.

Estimación del Mercado Potencial de Biodiesel en Colombia: El consumo de Biodiesel en el país ha crecido de manera vertiginosa en los últimos años debido a la entrada en vigencia de la normatividad que exige la mezcla del Diesel con el Biodiesel, la cual para el año 2010 debería ser de un 10% e ir creciendo paulatinamente hasta llegar a un 20% para el año 2020, pero de acuerdo a información suministrada por la refinería de ECOPETROL en Cartagena es difícil llegar en los próximos años a los porcentajes mínimos de mezcla deseados debido a la escasez de Biodiesel existente en el país actualmente lo que obligaría al país a la importación de este biocombustible situación que se mantendría por lo menos hasta el año 2015, gráfica 9.

Para los primeros años el consumo nacional estuvo ligado al B5 de la demanda del Diesel de la Costa Atlántica y es a partir del año 2009 cuando se da la mezcla B5 en todo el país. Para el año 2016, debería esperarse que se dé la mezcla B10 de la demanda de diesel total del país, aunque es probable que esto no ocurriese por problemas en la oferta nacional de Biodiesel.

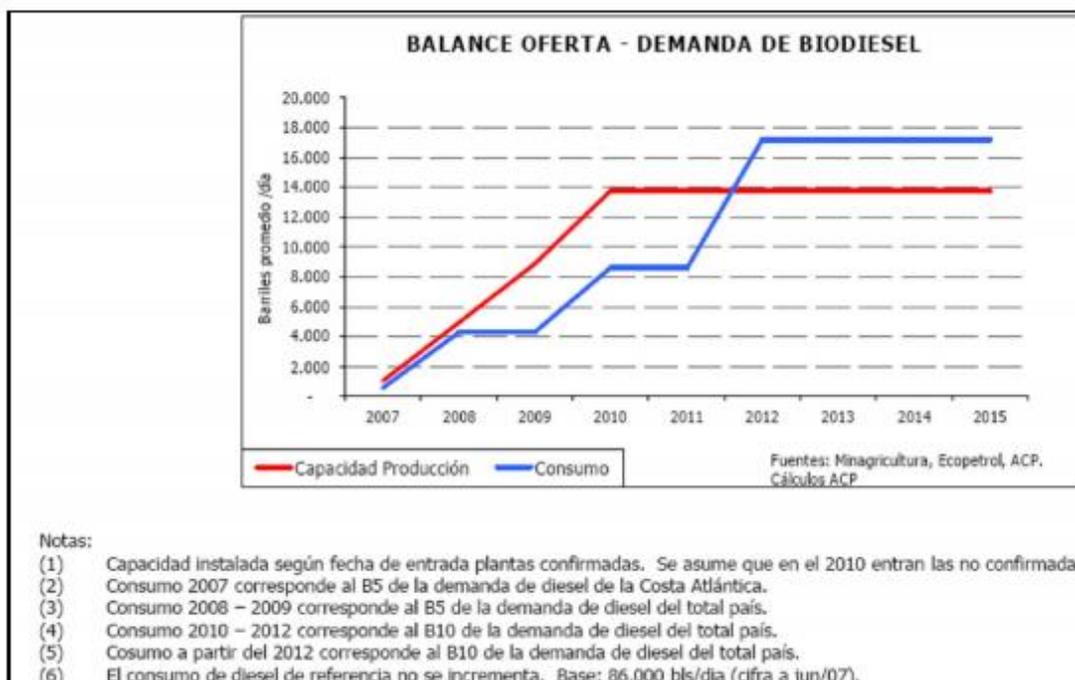


Figura 10: Balance oferta- demanda Biodiesel en Colombia, 2007-2015

Fuente: Miniagricultura, ECOPEPETROL, ACP, año 2007

Proyecciones de la demanda nacional de Biodiesel: Los requerimientos futuros de Biodiesel están asociados a la demanda de ACPM. Los supuestos utilizados para la elaboración de la demanda se sintetizan en:

- Escenario oficial del DNP a julio de 2008, con un crecimiento económico de 4% en el largo plazo.
- La proyección de precios de gasolina corriente, ACPM y GNV, realizada según la normatividad.
- Las proyecciones consideran que el precio del gas natural para uso vehicular “GNV” corresponde al 51% del precio de la gasolina en términos energéticos. Para el año 2013 con la entrada del programa de mezcla del Biodiesel con ACPM en el país, la demanda de Biodiesel se estimó en 5.282 barriles/día (221.844 galones/día), con base en la producción estimada de

ACPM31; para el año 2019 se estima una demanda diaria de 20,553 barriles/día de Biodiesel, tabla 9.

Tabla 9 Proyecciones de demanda de Biocombustible entrega 2008- 2019
Fuente: UPME, Unidad de Planeación Minero Energética año 2005

Proyecciones de demanda nacional de biocombustibles						
Año	Etanol			Biodiesel		
	% Mezcla	Demanda		% Mezcla	Demanda	
		Barriles/día	Litros/día		Barriles/día	Litros/día
2008	10	8.193	1.302.609	5	5.282	839.717
2009	10	8.219	1.306.765	5	5.617	893.078
2010	10	8.287	1.317.555	10	12.046	1.915.128
2011	10	8.307	1.320.714	10	12.787	2.033.004
2012	10	8.367	1.330.200	10	13.628	2.166.664
2013	10	8.443	1.342.314	10	14.451	2.297.585
2014	10	8.550	1.359.353	10	15.360	2.442.085
2015	10	8.678	1.379.646	10	16.315	2.593.849
2016	10	8.820	1.402.194	10	17.301	2.750.585
2017	10	8.977	1.427.240	10	18.293	2.908.287
2018	10	9.154	1.455.313	10	19.398	3.084.090
2019	10	9.354	1.487.207	10	20.553	3.267.724

De acuerdo a la Asociación Colombiana del Petróleo, del requerimiento para el Biodiesel a nivel nacional, la Costa Atlántica demanda el 33% del consumo siendo la región con mayor nivel de demanda en el país, tabla 10

Tabla 10, Distribución de la demanda nacional del Diesel y de la producción nacional del biodiesel.
Fuente: Cálculo ACP con información de FEDEPALMA, ECOPETROL, Miniagricultura año 2007,

ZONA	Distribución Demanda Diesel	Distribución Producción de Biodiesel
Centro	46%	22%
Noroccidente	14%	22%
Nororiente	16%	33%
Sur Occidente	18%	0%
Sur Oriente	6%	22%

Empresas que producen Biodiesel de Segunda Generación: aceite usado de cocina y grasa animal: A la fecha, no existen en el país empresas que produzcan Biodiesel de segunda Generación utilizando aceite usado de cocina y/o grasa animal o algún otro insumo de los ya referenciados.

CAPITULO 4

PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE GRASA ANIMAL:

La materia prima es el punto crítico que afecta la viabilidad económica de producción del biodiesel, ya que representa alrededor del 80% de la producción de biocombustible sobre el costo total. En este contexto, varios esfuerzos se han llevado a cabo con el fin de reducir los costos del biodiesel, esencialmente por alterar fuentes lipídicas, hoy en día los aceites vegetales comestibles son la principal materia prima para la producción del combustible biodiesel.

En consecuencia, la prospección de nuevas materias primas ha sido atribuido principalmente a la investigación de especies oleaginosas para extracción de aceite comestible, también se tienen en cuenta residuos lípidos aceite de frituras y grasas animales no comestibles, también han recibido considerablemente la atención en la producción de biocombustibles esto con el fin de aprovechar las ventajas de estas materias primas como son su bajo costo y baja calidad de los recursos e insumos que se requieren para procesarla, sería muy práctico reutilizar los residuos a fin de integrar suministro de energía sostenible y la gestión de los residuos en las instalaciones donde se procesan los alimentos. Para obtener una mejor comprensión de los desafíos que llevan la elaboración de biodiesel a partir de los residuos de la grasa animal.

La reacción de transesterificación puede ser catalizada por bases, ácidos o enzimas. Los triglicéridos son ésteres de cadenas largas, ácidos carboxílicos combinados con glicerol. Los ácidos carboxílicos $\{R-C(=O)-O-H\}$ pueden ser convertidos dentro de los metil ésteres $\{R-C(=O)-O-CH_3\}$ por la acción de un agente de transesterificación. Las bases pueden catalizar la reacción quitando un protón del alcohol, haciéndolo más reactivo, mientras que los ácidos pueden catalizar la reacción, por donación de un protón para el grupo carbonilo, haciéndolo más reactivo

Como se muestra en la (figura 11a), los ácidos carboxílicos (jabones) mediante un tratamiento con soluciones alcalinas acuosas (hidróxidos o carbonatos). Además el grupo carbonilo confiere una interesante síntesis de ácidos carboxílicos, una de sus virtudes es la versatilidad que tiene ya que se pueden convertir en derivados por sustitución nucleofílica, de hecho los ésteres son

obtenidos directamente, los ácidos carboxílicos reaccionan con alcoholes de acil-aceptantes en condiciones ácidas, este proceso normalmente se denomina esterificación (figura 11b). La estrategia empleada con frecuencia de cambio de equilibrio a la derecha incluye la utilización de grandes cantidades de alcohol y agua del medio reaccional.

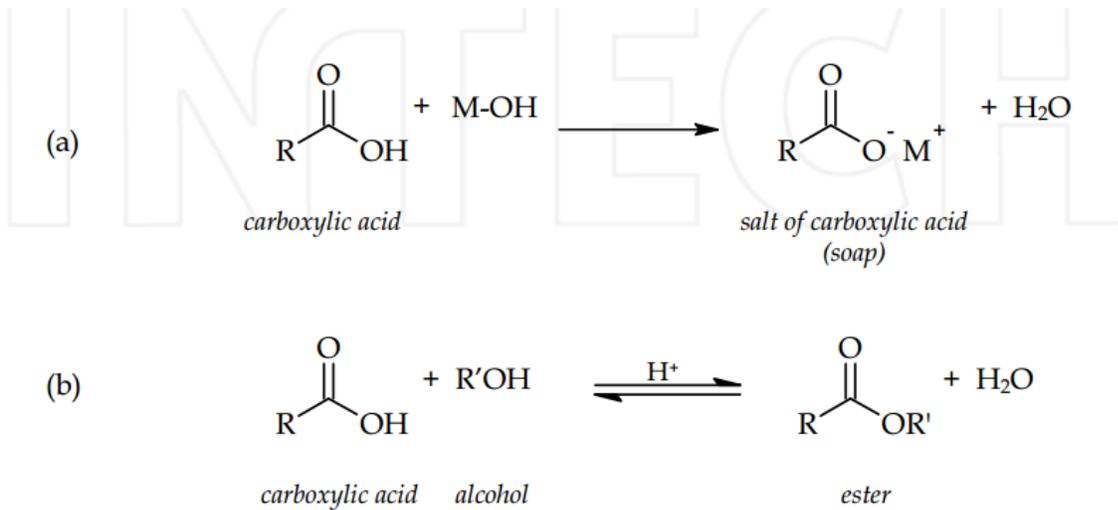


Figura. 11. Reacciones de los ácidos carboxílicos

Fuente: Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Vivian Feddern, 2011, pagina 10

(a) neutralización ácido-base (donde M es Na o K);

(b) ácido ésteres catalizada por esterificación son derivados del ácido carboxílico que pueden ser hidrolizados en medio ácido o básico.

El álcali catalizada por proceso es esencialmente irreversible (*figura 11.1 a*). Por otro lado, la hidrólisis en solución ácida reacción es un equilibrio, ya que dependen de la relación alcohol y concentraciones de agua (*figura 11.1 b*).

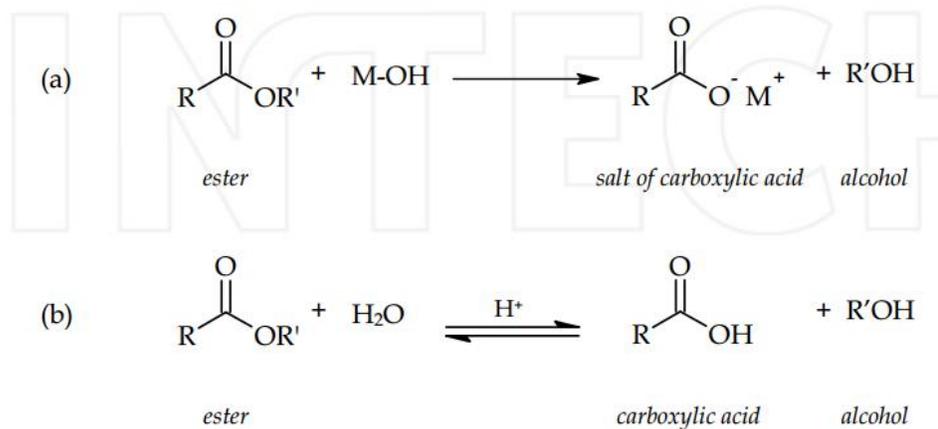


Figura .11.1. Hidrólisis Éster: a) alcalino catalizada (donde M es Na o K); (b) catalizada por ácido
 Fuente: Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Vivian Feddern, 2011, pagina 10

Hoy en día las no reacciones hidrolíticas de éster (esterificación y Interestification cambia) juegan un papel fundamental en la química aplicada. Por ejemplo, el biodiesel es una mezcla de ácidos grasos mono-alkil ésteres fácilmente producido desde la etiqueta transesterificación mediante una cadena corta el alcohol, como se muestra en la figura 12.

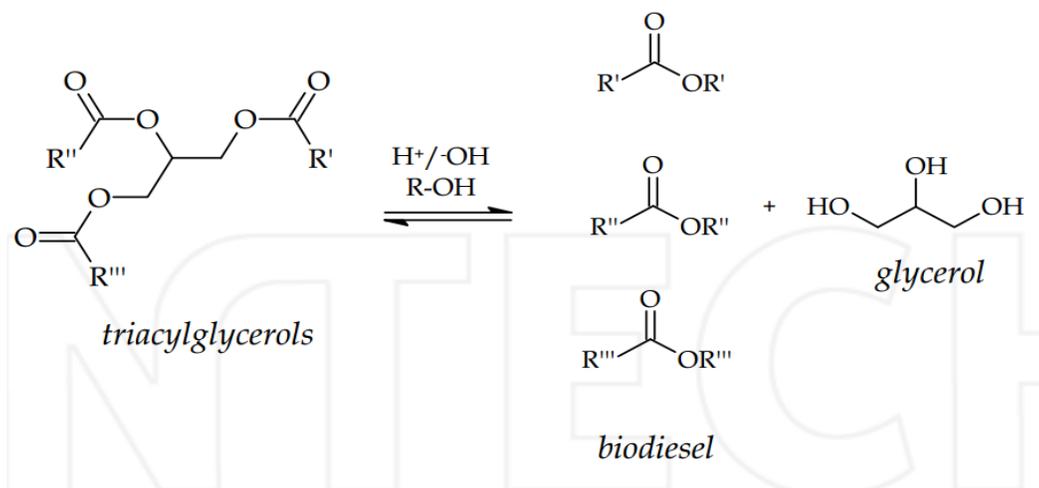


Figura. 12. Esquema general de la etiqueta transesterificación para la producción de biodiesel (donde R es -CH3 o -CH3CH2)
 Fuente: Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Vivian Feddern, 2011, pagina 11

La metanólisis ⁹catalizada de aceites puede ser descrita:

a) La reacción se caracteriza por una transferencia de proceso controlado (lento) que resulta de baja miscibilidad de los reactantes.

b) El éster producido al comienzo puede actuar como disolvente y de proceso controlado (rápido) caracterizado por un aumento repentino de los productos, y por último un equilibrio de proceso (lento) es abordado.

La figura 13 muestra distribución típica de reactivos, productos intermedios y productos en el transcurso de transesterificación, donde un comportamiento de producción de éster es un ejemplo.

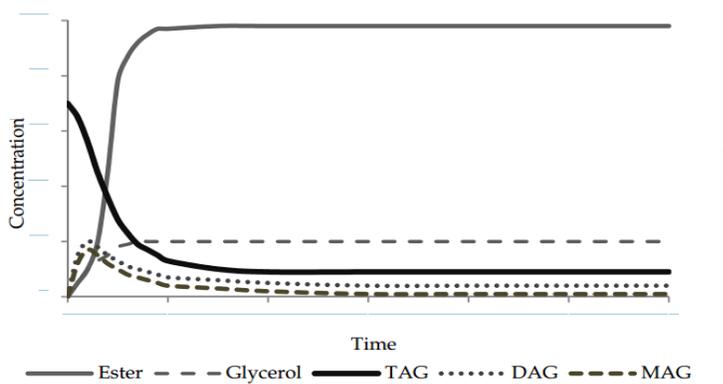


Figura. 13. Esquema ilustrativo del cambio del componente de concentración durante transesterificación
Fuente: Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Vivian Feddern, 2011, pagina 12

Esta reacción consta de un sistema complejo, se muestra que la mezcla de reacción de metanólisis alcalina de aceites incluye los siguientes componentes principales: ETIQUETA, DAG, MAG, ésteres metílicos, metanol, jabones, KOH (en forma de OH⁻), CH₃OK (como CH₃O⁻), y el agua. Este sistema se resume en la figura 14, el gran tema es el de establecer las condiciones apropiadas para reducir al mínimo posible las reacciones colaterales (hidrólisis y

⁹ Proceso de reciclando dónde el metanol se introduce en PET. El poliéster es roto en sus moléculas básicas, incluso dimetil tereftalato y glicol de etileno. Estos precursores son entonces re-polimerizados en resina purificada.

formación de jabones) y, en consecuencia, el proceso de producción de éster.

Como ya es bien sabido, la transesterificación puede estar influenciada por varios factores, tales como: materia prima; porcentaje de ácidos grasos libres (AGL) indica el grado de deterioro hidrolítico que ha sufrido la materia grasa, contenido en las materias primas, la concentración de agua, el consumo de alcohol con la etiqueta relación molar; catalizador tipo y concentración; el tipo de alcohol; la temperatura, la presión, y intensidad de mezclado.

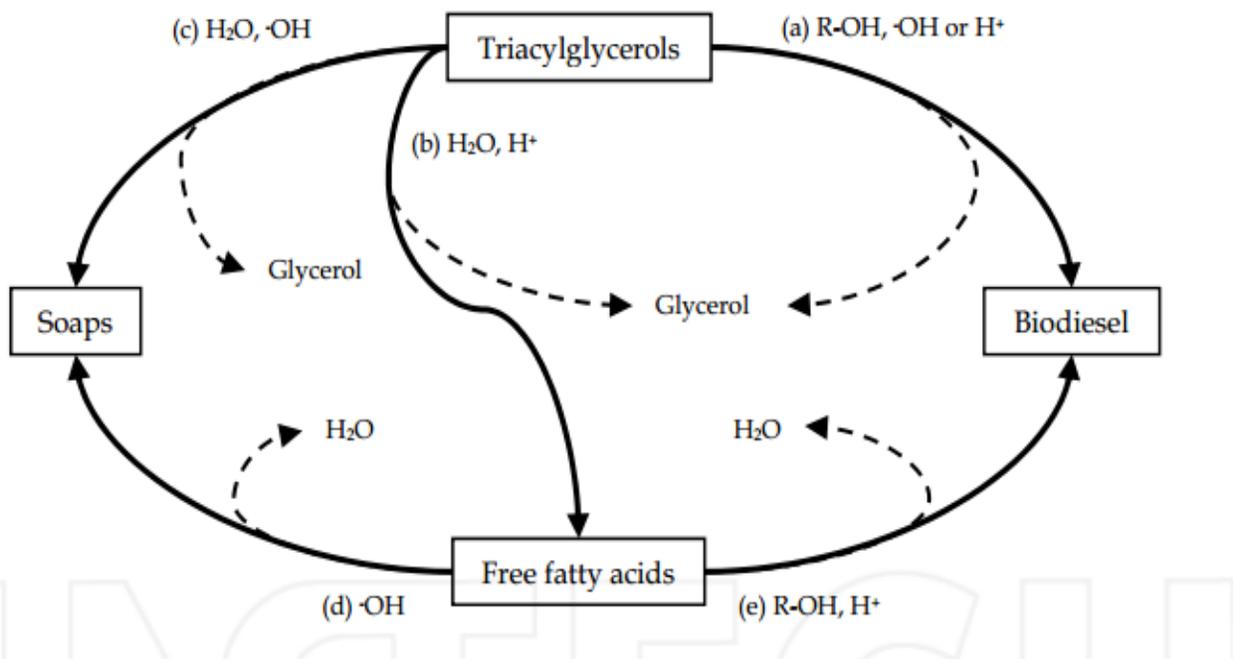


Figura. 14. Las reacciones de producción de biodiesel convencional

Fuente: Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Vivian Feddern, 2011, pagina 13

(a) Catalizada por transesterificación alcalina; b) hidrólisis catalizada por ácido; (c) catalizada por hidrólisis alcalina; (d) neutralización ácido-base; (e) ácido-esterificación catalizada homogéneas alcalino-transesterificación catalizada es el proceso industrial más empleado para la producción de biodiesel, este hecho es debido a que el contenido de la base-catalizada es más rápida que el ácido, bajo condiciones moderadas. Los catalizadores alcalinos son además menos corrosivos que los compuestos ácidos.

Hidróxidos de Metal (NaOH y KOH) y metóxido (NaOCH₃ y KOCH₃) generalmente se aplican como catalizadores en concentraciones que varían de 0,5 a 2% en peso/peso de aceite, el más común acil-receptor es el metanol debido a su bajo costo, sin embargo, el etanol puede ser utilizado con éxito.

La ruta etílica es particularmente interesante en los países con industria azucarera consolidada como Brasil, Colombia, que permite producción de biodiesel basado enteramente en los recursos de la biomasa. Después de la reacción espontánea y separación de biodiesel y glicerol se produce solución de gravitación, en algunos casos, la centrifugación se puede utilizar para acelerar la separación de fases.

Las Grasas animales fundidas son materias primas atractivas para la industria del biodiesel son fáciles de encontrar y se encuentra en grandes cantidades, con precios relativamente bajos en las regiones de ganadería intensiva. Las mencionadas fuentes lipídicas son generadas en las plantas de procesamiento de carne con diferentes grados de calidad, a menudo, las grasas no comestibles residuales no presentan requerimientos específicos para su aplicación directa en el biodiesel convencional el enfoque esta mediado por álcalis.

Las principales restricciones técnicas de procesamiento son el cebo de la grasa animal el porcentaje de contenido de ácidos grasos libre (AGL) es del 5% al 30% así como el contenido de agua, estos dos factores son parámetros fundamentales para determinar la viabilidad de proceso de transesterificación, debido a que pueden causar eficacia en el catalizador y promover así la formación de jabones, de hecho los catalizadores alcalinos son consumidos por neutralización de acuerdo al porcentaje de contenido de AGL en el medio reaccional, esto permite que se formen los jabones, como resultado de la desactivación del catalizador, este rendimiento se reduce significativamente por el post-tratamiento de la mezcla final y esto se hace más difícil por la presencia de los jabones, lo que evita la separación de los ésteres en el glicerol.

Según los informes de residuos de grasas materiales en la transesterificación catalizada los valores no debe exceder 0,5 % del contenido de AGL, más allá lo que corresponde a un número

de ácido de 1 mg de KOH/g de aceite, para los aceites vegetales el porcentaje de contenido de AGL debe ser un valor menor del 3% (6 mg de KOH/g de aceite) se recomienda para una buena eficiencia de conversión, en ambos casos, la transesterificación puede ser mejorado con las bases si el porcentaje de contenido de AGL se encuentra en el 5%, aunque la mayor cantidad de catalizador debe ser añadido para compensar pérdidas y mayor acidez debido a la formación de jabón.

En concreto, este procedimiento, que supone una excesiva cantidad de catalizador no es recomendable puesto que da lugar a la formación de geles que interfieren en la reacción, obstaculizando la separación del glicerol, y contribuyendo a emulsificación durante el lavado con agua.

La transesterificación con catálisis básica es sensible al contenido de agua, el agua es una de las causas principales de las reacciones colaterales además de la alcoholización percutánea, la eficacia del catalizador alcalino y los agentes en la transesterificación catalizada alcoxide son iones (RO⁻). Según el estudio de equilibrio por Komers, la concentración inicial de alkolate (RO⁻) disminuye con el aumento de la cantidad de agua en metanol y KOH, este efecto también puede ocurrir por presencia de agua en los aceites y en las grasas.

En las materias primas empleadas para la producción de biodiesel, así como puede verse el aceite de la semilla de soya que es la principal materia prima. Además, el sebo vacuno también desempeña un papel importante en este segmento económico. La aplicación de lípidos de animales fuentes de gran importancia en el sector bioenergético es probable que aumente debido a acceso a otras materias primas rentables como el pollo y grasa residuos de cerdo.

El principal lípido para la producción de biodiesel, es el aceite vegetal, sin embargo las grasas de origen animal tienen un gran potencial en el biocombustible, porque no son productos básicos, y tienen un valor muy bajo en el mercado. En los últimos años, la producción de carne ha aumentado de manera significativa alcanzando unos 237,7 millones de toneladas, repartida en los siguientes porcentajes 42,7 % corresponde a la carne de porcino; 33,4% corresponde a las aves de corral y un 23,9 %, corresponde a la carne bovina, una mayor cantidad de estos residuos de

animales se consiguen en las plantas de procesamiento en donde se genera de forma intensiva el proceso ganadero, convirtiendo los desperdicios en residuos agroindustriales, este lípido puede ser una gran fuente renovable que puede llegar a resolver problemas ambientales, además de contribuir con el suministro de energía, por esta razón se ha impulsado la búsqueda de otras materias primas renovables para aplicación en la industria de los biocarburantes, como aceites no comestibles y los residuos las grasas de origen animal.

La producción de biodiesel predominante es a partir de aceites vegetales, quedando en menor proporción la producción a partir de grasas animales.

Los países que registran mayor empleo de grasas animales para la producción de biodiesel son: Estados Unidos y Australia; en cuanto a producción de biodiesel en Latinoamérica los países que implementan el uso de grasas animales están Brasil y Argentina; la grasa animal más empleada es el sebo bovino. La aplicación de estas grasas surgió a raíz de la prohibición de su utilización en la producción de piensos¹⁰, como salida para los mismos como subproducto, el estudio de esta grasa para la producción de biodiesel se encuentra en estudio en la mayoría de los países (principalmente: España, México, El Salvador, Bolivia, Uruguay, Paraguay, Argentina y Brasil), investigaciones experimentales muestran que el sebo bovino puede ser fácilmente esterificado, obteniendo una sustancia con propiedades similares a los ésteres de aceites vegetales, adicionalmente, se ha comprobado que los metilésteres de sebo bovino y vegetales tienen mejor estabilidad de oxidación que los metilésteres de grasa de cerdo.

Además del stock vacuno es necesario considerar otras cuestiones igualmente importantes para determinar si esta actividad es viable económicamente. La concentración geográfica de los frigoríficos y su capacidad de faena es una característica fundamental para disminuir los costos de transporte y almacenamiento de los grandes volúmenes de materia prima requeridos.

El interés de los frigoríficos es comprensible. Se trata de un mercado novedoso que deberá mejorar la comercialización de un coproducto (sebo o grasa) que presenta pocas perspectivas de crecimiento frente a la gigantesca demanda que se avecina por combustibles renovables. Los

¹⁰ Pienso: Alimento seco que se da al ganado, en general, cualquier alimento para el ganado.

precios ya empiezan a reflejar la nueva realidad. El precio de la tonelada de sebo, que fue declinante en los últimos años, podría aumentar, de acuerdo a la fuerte demanda actual.

Los aceites y las grasas de origen animal (tejidos oleaginosos), como el sebo de los vacunos, pueden utilizarse como materia prima para obtener biodiesel. En comparación con los aceites vegetales, las grasas y aceites de origen animal son de costo más bajo, pero su disponibilidad comercial es más limitada por tratarse de subproductos de la industria cárnica y de la cadena alimentaria de la humanidad, estas podrían ser extraídas de los frigoríficos Guadalupe, San Martín, a un costo realmente bajo aproximadamente \$100 por Kg

MODELOS DE PRODUCCIÓN

Los modelos de producción de biodiesel se definen dependiendo del nivel de ácidos grasos libres o (AGL) que posea la materia prima a procesar. Si éstos son inferiores al 5% se les aplica un proceso cuyo paso principal se llama transesterificación (más adelante se explican sus detalles); si son mayores al 5% además del proceso de transesterificación, requieren de un proceso previo que se llama esterificación para bajar los ácidos grasos libres a menos de 5%. Generalmente, los aceites que provienen de plantas tienen menos de 5% de ácidos grasos libres, mientras que los aceites de cocina usados o las grasas animales tienen más del 5%.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL

La producción de biodiesel está dada por la reacción de transesterificación que consta de tres reacciones consecutivas y reversibles. En primer lugar, el triglicérido se convierte en diacilglicerol, y funcionando en monoglicérido y glicerina. En cada reacción de un mol de éster de metilo es liberada como se muestra en la figura. 15 y figura. 16, así mismo muestran las reacciones secundarias que pueden ocurrir: la reacción de saponificación y la reacción de neutralización de los ácidos grasos libres figura. 17. Reacción de saponificación (Arbeláez Marín, Ángela María; Rivera Quiroz, Marcela Patricia , 2007.)

El procedimiento para la obtención de biodiesel, incluyó los siguientes pasos: preparación del metóxido, reacción de transesterificación, separación del biodiesel y la glicerina por decantación, lavado del biodiesel y secado.

Después del fraccionamiento se toma una muestra de la grasa y se añade metanol llevando a cabo la catálisis ácida con ácido sulfúrico (H₂SO₄) y la catálisis básica con hidróxido de potasio (KOH), luego se efectúa el proceso de transesterificación por medio de un agitador magnético. Se produce la solidificación del producto obtenido por lo que no se obtienen los resultados esperados, el problema más desfavorable y por el cual se restringe el uso de biodiesel

bovino es la densidad (0,8652g/cm³ a 23°C), ya que la norma (ASTMD4052) exige que se debe medir a 15°C, temperatura a la cual el metil éster se solidifica.

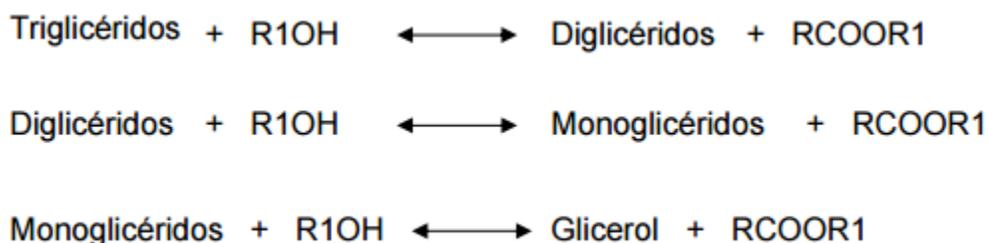


Figura. 15Y 16. Etapas de la reacción de transesterificación

Fuente: Diseño conceptual de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de algunos aceites vegetales colombianos Arbeláez Marín, Ángela María; Rivera Quiroz, Marcela Patricia (2007), pagina 15



Figura. 17. Reacción de neutralización

Fuente: Diseño conceptual de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de algunos aceites vegetales colombianos Arbeláez Marín, Ángela María; Rivera Quiroz, Marcela Patricia (2007), pagina 16

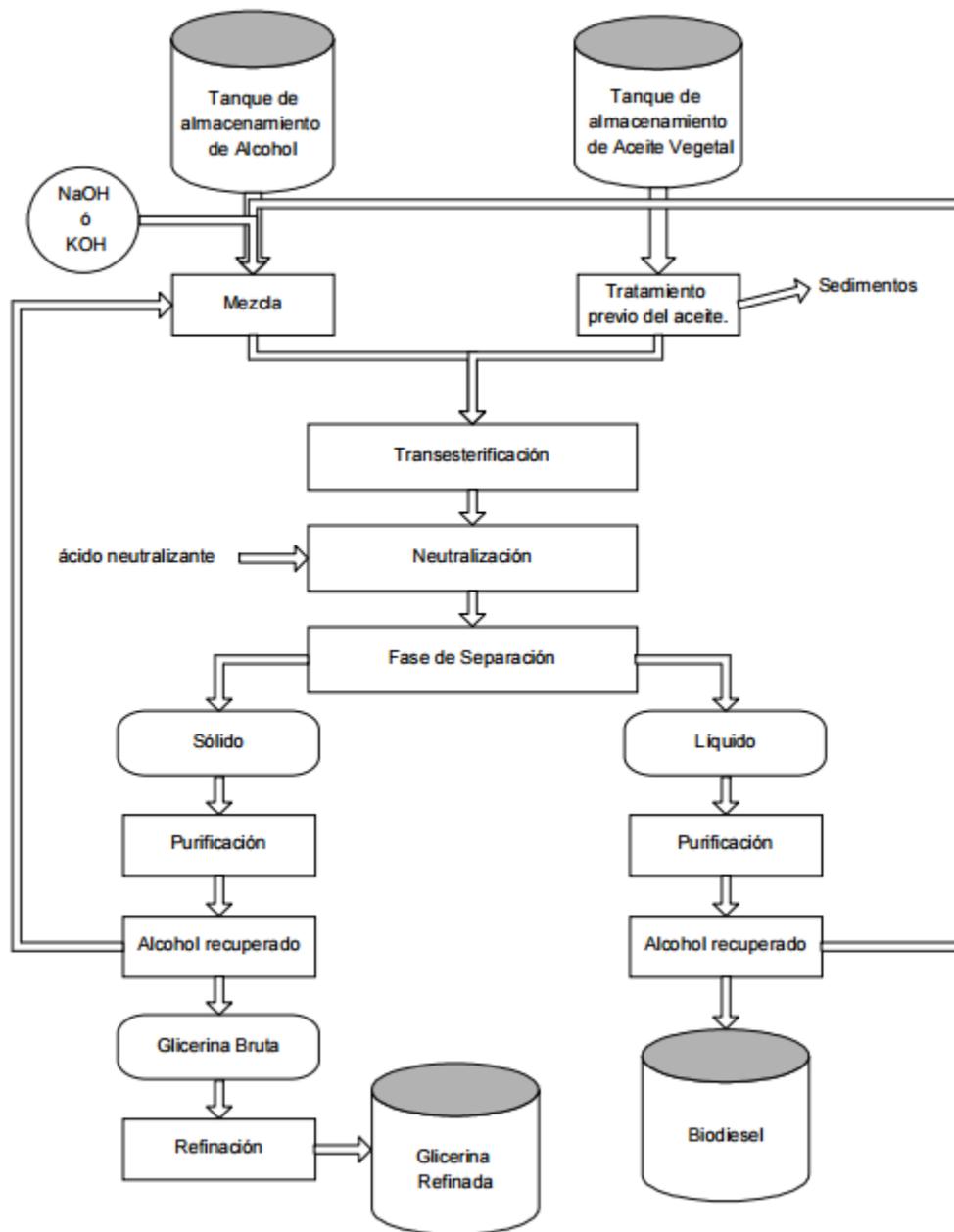


Figura. 19. Flujo grama del proceso del biodiesel

Fuente: 67.56 "Técnicas Energéticas" Biodiesel, 2007, pagina 21

LAS MATERIAS PRIMAS

La producción de biodiesel proviene principalmente de aceites extraídos de plantas oleaginosas especialmente grasas de girasol, de soja, de colza y de animales. Sin embargo, cualquier material que contenga triglicéridos se pueden utilizar para la producción de biodiesel. "Además del aceite o la grasa se es necesario un alcohol y catalizador para convertir los aceites y grasas en ésteres de alquilo".

La utilización de grasas animales para producir éster de metilo en una planta piloto de biodiesel dio un nivel de ácidos grasos libres de las grasas animales demasiada alta para producir biodiesel a través de catalizador básico. Por lo tanto, se hace necesario para llevar a cabo la reacción de pretratamiento para las grasas animales. Para este fin, el ácido sulfúrico se usa como catalizador y el metanol se utiliza como alcohol en las reacciones de pretratamiento. Después de reducir el nivel de AGL de las grasas animales a menos del 1%, la reacción de transesterificación se completa con catalizador alcalino.

Los valores de rendimiento de éster metílico de grasas animales son ligeramente más bajo que el del éster metílico de aceite de maíz. El costo de producción del éster metílico de maíz es mayor que las de los ésteres metílicos de grasa animal debido a que al procesar el biodiesel la materia prima es de un mayor costo. Las propiedades del combustible medidos de todos los ésteres metílicos producidos cumplen D6751 (S500) estándares de combustible biodiesel ASTM.

A nivel mundial se ha ido incrementando el uso y consumo del diesel, lo que resulta en aumento de transporte y camiones, así como el aumento en el uso de plásticos y otros productos petroquímicos. El petróleo es una fuente finita para el combustible que se está convirtiendo rápidamente más costoso, el biodiesel es un combustible alternativo ecológico y se hace por transesterificación de aceites vegetales y grasa animal; El material particulado (PM), hidrocarburos (HC), y El monóxido de carbono (CO) se reducen en el medio ambiente mediante el uso de combustibles alternativos para el combustible diesel sin cualquier modificación en el

motor

El biodiesel está desempeñando un papel importante en el combustible alternativo. El agua emulsionada en el biodiesel ha sido confirmado para jugar un papel importante en motores de combustible, esto se debe a que cuando la temperatura del agua en el biodiesel sube a 105°C el agua se evapora de forma rápida, rompiendo el combustible en gotas más pequeñas, el aumento de su superficie causando así la mezcla del aire y gotas de combustible.

El uso de agua emulsionada diesel no puede sólo mejorar la eficacia de los frenos, sino también de manera significativa reducir la formación de monóxido de nitrógeno (NO), el hollín, los HC, y PM en los motores diesel. Los aditivos del biodiesel son muy valioso en la reducción de los posibles problemas de funcionamiento y cumplir con los requisitos de la especificación de combustible los aditivos son el químico que se mezcla con el combustible como el diesel, biodiesel, gasolina, aceite etc. en la aviación se usan para mejorar la eficiencia del combustible y economía, los aditivos ayudan que el combustible mejore el rendimiento del motor y la satisfacción de control de emisiones ambientales estándar; la selección de aditivos para el combustible biodiesel depende de las propiedades del combustible mezclado, la viabilidad económica, solubilidad del aditivo, la toxicidad, la viscosidad de la mezcla de combustible, flash punto de la mezcla de combustible, la solubilidad de agua en la mezcla y la separación del agua y del aditivo, en muchas literaturas se muestra la investigación experimental de la probabilidad de ignición de combustible biodiesel con o sin aditivos biodiesel emulsionado o biodiesel mezclado es su uso especialmente en el motor para reducir emisión en la atmósfera, y esto se hace así para mezclar el combustible que mejoran el rendimiento, por otra parte se añaden diversos tipos de aditivos en el combustible biodiesel para mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor que también aumenta la probabilidad de ignición en muy pocos eventos se usan los aditivos en biodiesel emulsionado o mezclado combustible biodiesel se utiliza para obtener un mejor rendimiento en el motor

La producción de biodiesel es un campo que avanza rápidamente en todo el mundo, con cada vez más combustible biodiesel se utiliza en encendido por compresión (diesel). El biodiesel ha sido ampliamente estudiado y utilizado en los países desarrollados, y que cada vez está siendo

introducido en los países en desarrollo, especialmente en regiones con alto potencial para la producción de biodiesel sostenible.

En la elaboración de biodiesel se debe revisar de forma sistemática los recursos de materias primas y formulaciones de aceites vegetales, incluidos los aspectos económicos de la conversión de aceite vegetal a combustible diesel, con una cobertura adicional de emergente cultivos energéticos para la producción de biodiesel. También se revisa el proceso de transesterificación, incluidos los procesos bioquímicos (biocatálisis) química (catálisis), con una cobertura extendida de métodos de tecnología de proceso y control industrial, y las normas de garantía de la calidad del combustible biodiesel y por último se debe tener en cuenta la sostenibilidad, el rendimiento y los problemas ambientales de la producción de biodiesel, así como rutas para mejorar el uso de la glicerina subproducto y el desarrollo de productos de próxima generación.

El biodiesel es uno de las principales biocombustibles capaz de sustituir el uso de combustible fósil en vehículos de encendido por compresión, y se utiliza en una variedad de mezclas de combustible en todo el mundo. El biodiesel de primera generación se ha usado en los mercados nacionales durante algún tiempo, con las normas de calidad del combustible en el lugar para este propósito. Quedan, sin embargo, una serie de restricciones al desarrollo del mercado sostenible y a largo plazo el cual está influenciado por muchos factores, incluyendo alimentos vs. Presiones de combustible. El desarrollo de las nuevas generaciones de biodiesel, encaminadas a la utilización de materias primas más sostenible y eficaz junto a la mejora de la eficiencia de la producción y la calidad de los combustibles, es fundamental para el futuro tanto de esta industria y el uso continuado de combustibles biodiesel en el transporte.

Los aceites y las grasas constituyen las materias primas esenciales para la producción de biodiesel, inicialmente se estudia la naturaleza química, describiendo los componentes mayoritarios y minoritarios, luego se presenta una clasificación utilizando criterios fundamentales su origen animal o vegetal, y por último se contrasta la composición química de los aceites y las grasas más relevantes para la industria del biodiesel

De manera general hablar de Biodiesel, es referirse a esteres de alquilo menores (metilo y etilo)

de ácidos grasos de cadena par, que en general van del Carbono 4 al Carbono 24. La razón de esto es la naturaleza de la materia prima utilizada para su producción; es decir grasas y aceites de origen animal y vegetal.

La biosíntesis en animales y plantas produce cadenas carbonadas de número par de carbonos con la mencionada longitud de cadena. Pueden además encontrarse aceites poli insaturados, como el de lino, o más bien saturados como el aceite de coco.

El sistema de transformación de los aceites de grasa animal se realiza mediante un proceso de combinación con alcohol (etílico o metílico) y una base (hidróxido de sodio o hidróxido de potasio) que actúan como catalizador generando como resultado un compuesto llamado biodiesel el cual se puede utilizar directamente en un motor diesel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto y decantando para su separación

La elaboración de biodiesel se basa en la reacción de transesterificación de los aceites; estos están compuestos principalmente por moléculas denominadas triglicéridos y se componen de tres cadenas de ácidos grasos unidas a una molécula de glicerol

En el proceso de elaboración de biodiesel, es importante conocer como varían los diferentes parámetros, a medida que se lleva a cabo la reacción de producción de biodiesel, para realizar las modificaciones pertinentes en las condiciones de operación a favor de la obtención del producto deseado, es por ello, que la etapa de tratamiento químico de un proceso es la más significativa.

El excelente diseño de un proceso químico, considera los costos generales del proceso, tomando en cuenta el costo de los materiales del reactor y el tratamiento requerido por los materiales que se usan durante todo el proceso.

Para la elección de la materia prima y los insumos que deben utilizarse en el momento de la producción de biodiesel es fundamental elegir la metodología del desarrollo del mismo, dentro del proceso de la elaboración del biodiesel a partir de grasa animal se debe tener en cuenta el contenido de acidez, esto con el fin de obtener un combustible de calidad.

En el momento de realizar la selección del aceite que vamos a emplear para el proceso se debe tener en cuenta los siguientes criterios

- Contenido en humedad, impureza, insaponificación, peróxido, fracción no eluible, polímeros de ácidos grasos, sustancias extrañas, tóxicos “ todo los aquellos elementos que no permitan la calidad de un aceite
- Contenido en energía brinda, porcentaje de triglicéridos, composición y riqueza en ácidos grasos esenciales
- Origen de la grasa “especie bovina, pollo, aceite usado, frituras y/o vegetal” Precio de la oferta

El sebo es la grasa cruda de la raza bobina y otras especies como oveja y cordero, pero para nuestro proceso usaremos el sebo de res, especialmente la dura que se encuentra alrededor del lomo y los riñones. Tiene un punto de fusión de entre 45 y 50°C y de congelación entre 37 y 40°C. Su bajo punto de fusión significa que es sólido a temperatura ambiente pero funde fácilmente a temperaturas moderadas, como al vapor.

También se conoce con el mismo nombre a la versión procesada de esta grasa, que se emplea como materia prima industrial y que a diferencia de la versión cruda, no requiere refrigeración para su conservación, siempre que se almacene en envases sellados que prevengan la oxidación. En la industria, también se considera sebo cualquier grasa que cumpla ciertos parámetros técnicos, incluyendo el punto de fusión, siendo común obtenerlo de otros animales (como el cerdo) o incluso de fuentes vegetales, para su uso industrial, el sebo crudo se procesa primero derritiéndolo y cociéndolo a fuego lento, tras lo cual se filtra y enfría, siendo habitual la repetición de todo el ciclo.

El sebo se caracteriza por su bajo contenido en linoleico, debido a la biohidrogenación de los lípidos en el rumen, por lo que su digestibilidad en monogástricos jóvenes es inferior a la de la

manteca o la grasa de pollo. Es relativamente rico en ácidos grasos de cadena impar, consecuencia del metabolismo ruminal. Por ello, la suma de los ácidos grasos normalmente referenciados en las tablas de composición no alcanza el 95%. El contenido en ácido linoleico está en torno al 2-4%. Niveles superiores son indicativos de mezcla con otras grasas animales, manteca principalmente. En rumiantes, el sebo es una grasa de elección de buena digestibilidad y sin efectos negativos sobre la microflora del rumen, cuando se incorpora a niveles moderados. También se utiliza en productos lácteos reengrasados, previa atomización. Si la emulsión es deficiente, resultan productos con glóbulos grasos de diámetro elevado, lo que disminuye la digestibilidad, pudiendo producir diarreas en animales jóvenes. En la UE sólo está permitida la utilización de sebo purificado, con un nivel máximo garantizado de impurezas totales insolubles inferior al 0,15% en peso.

PROPIEDADES DEL BIODIESEL Y DEL DIESEL

Datos fisico-químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Éster metílico Ácidos grasos C12-C22	Hidrocarburo C10-C21
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 cetano	48-60	46
Relación estequiométrica Aire/comb. p/p	13,8	15

Tabla 12: Resumen de las características típicas del biodiesel y del diesel petrolífero
Fuente: Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal, candelaria tejada tovar1 ; lesly tejada benítez2 ; ángel villabona ortiz3 ; luis monroy rodríguez4, 2013, pagina 3

De la tabla 12, se aprecia que el biodiesel presenta excelentes propiedades en cuanto a favorecer la adecuada combustión, tales como el número de cetano, que es más alto que en el diesel de petróleo retrasando la autoignición del combustible al inyectarse al motor, igual sucede con el punto de inflamación, que reduce el peligro de incendio durante su manejo, sin embargo, su

poder calorífico y punto de escurrimiento son menores, presentando por tanto un mayor consumo de combustible y posibles problemas de fluidez en lugares fríos

PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

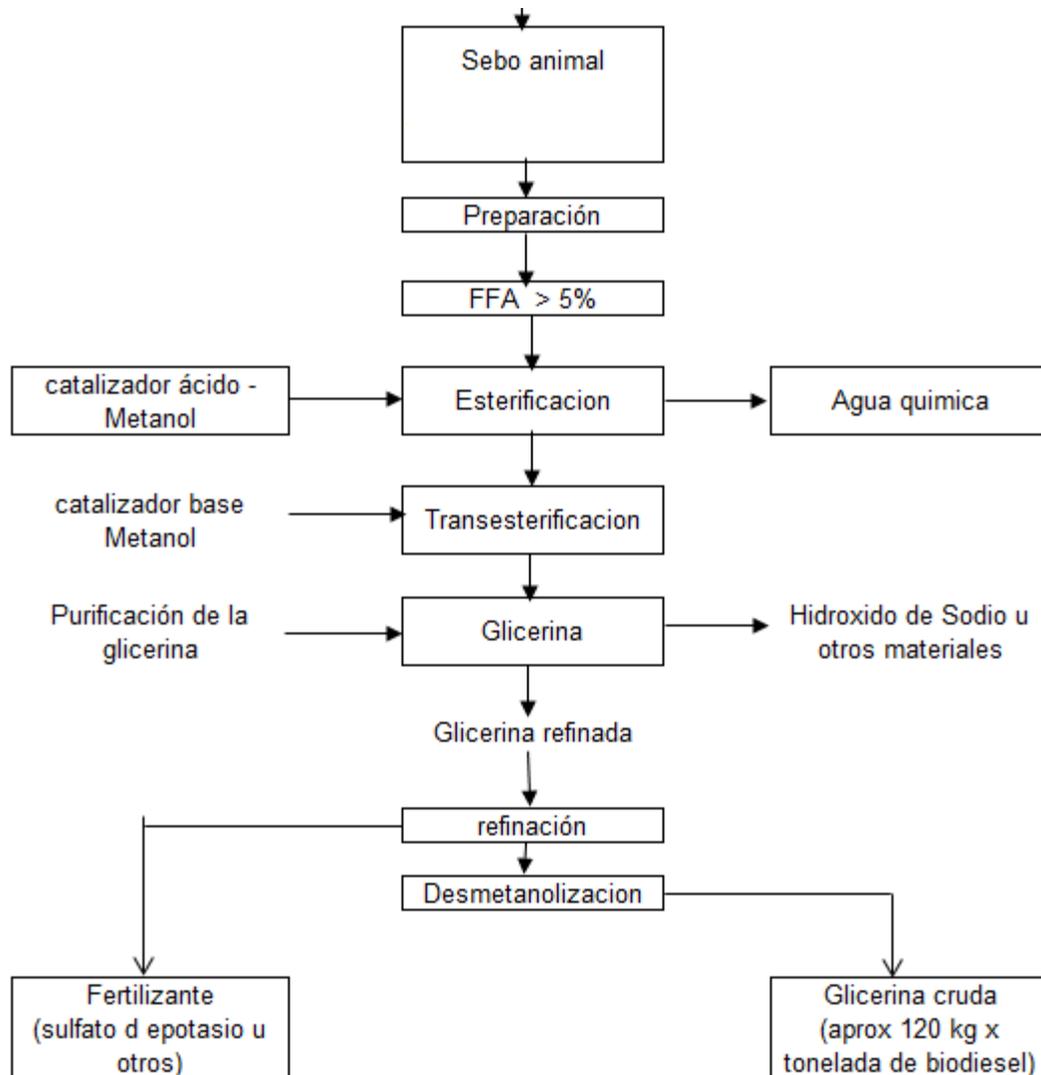


Figura. 20. Flujo grama de ruta para la preparación de la materia prima

Para la extracción de la grasa se corta el sebo en pedazos muy pequeños, posteriormente se somete a un proceso de pirolisis a una temperatura que oscila entre los 100°C y 180°C,

estabilizándose a los 140°C por un tiempo estimado de 3 horas; con el fin de obtener la grasa vacuna por fundición.

Fraccionamiento a 50°C: La grasa vacuna se estabilizada a 50°C durante una hora en un sistema con agitación controlada (agitador mecánico). Luego se disminuye la temperatura a una velocidad de 0,033°C/min hasta 45°C, temperatura a la cual se estabiliza durante una hora. Posteriormente por filtración a vacío en un embudo con camisa termostata a 45°C, se separa la oleína y la estearina. Así mismo, se continúa trabajando durante las horas siguientes, bajando la temperatura cada 5 minutos hasta llegar a 40°C, que es la temperatura mínima que indica formación de cristales en la grasa.

A diferencia de la grasa de cerdo y la de pollo, la grasa vacuna se solidifica a temperatura ambiente, como alternativa a esta situación, recomiendan una destilación fraccionada; tratando de buscar una solución a la solidificación de la grasa vacuna.

El proceso de la preparación de la materia prima se resume en el Flujo grama mostrado en la figura 20.

El aceite de grasa animal, debe pasar por un proceso de limpieza y estabilización de su contenido de ácidos grasos libres

Una vez que se tiene el aceite base limpio, se le somete al proceso principal, conocido como transesterificación, en el que se separan sus componentes para obtener biodiesel y glicerina; este proceso se realiza mezclando el aceite con una pequeña parte de metanol y otra de algún catalizador base (como el hidróxido de sodio –NaOH–), mientras se calienta y se mueve. Al final de este proceso, la glicerina, que es más pesada, se va al fondo del contenedor, mientras que el diesel flota en la parte superior.

Para finalizar el proceso, el biodiesel es sometido a procesos de limpieza y refinación hasta que alcanza los estándares adecuados.

INSUMOS Y SUMINISTROS PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL

➤ ACEITE

El aceite es el principal insumo para la producción de biodiesel, puede ser producido a partir de cualquier aceite o grasa de origen orgánico (animal o vegetal), incluyendo aceites de origen animal, sin embargo la calidad de este insumo dependerá la necesidad de un pretratamiento más o menos complejo que hará el proceso más o menos costoso. No es posible elaborar biodiesel a partir de aceites minerales como los lubricantes.

➤ ALCOHOL

Se emplea alcohol metílico o metanol de 95% de pureza. La cantidad requerida para la elaboración de biodiesel es de aproximadamente el 15% ó 20% del volumen de aceite a procesar. Esta sustancia tóxica cuando se ingiere, se inhala o tiene contacto con la piel, es altamente inflamable y arde con llama incolora. Su manipulación debe hacerse tomando todas las precauciones del caso, hecho, también se puede utilizar alcohol etílico o etanol, siempre y cuando sea anhidro o tenga una pureza de 99,5%

"Los alcoholes primarios y secundarios con cadena de 1-8 átomos de carbono se utilizan para la producción de biodiesel, entre los alcoholes que se pueden utilizar en este proceso son: metanol, etanol ", propanol y butanol. "Cuando se utilizan alcoholes como el etanol es más complicada la recuperación de alcohol puro en el proceso, debido a que el azeótropo que se forma con agua y el rendimiento de ésteres de etilo es menor en comparación con los ésteres metílicos debido a que el metanol tiene un peso molecular inferior (32,04 g / mol) en comparación con el etanol (46,07 g / mol). "Por otro lado, si se utiliza el metanol, este no contribuirá a los problemas medioambientales, el biodiesel no sería del todo bio, por tener un componente fósil proporcionado por el alcohol, metanol, porque está hecho de gas natural, que es fósil, para utilizar metanol o etanol se necesita "Una agitación mecánica para fomentar la transferencia de masa.

En el proceso se forman emulsiones de reacción, utilizando metanol este se disuelve fácil y rápidamente formando una capa inferior rica en glicerol y una capa superior en ésteres metílicos, mientras con el uso de etanol el proceso es más estable que el proceso de separación y purificación de los ésteres de etilo que es más difícil, en este caso se prefiere usar metanol en la producción de biodiesel, debido a su baja viscosidad ($0,59 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$ a 20°C), porque el uso de alcoholes tales como etanol, con alta viscosidad ($1,074 \text{ m} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$ a 20°C), la viscosidad aumenta y genera como resultado un combustible de alta viscosidad no se pulveriza adecuadamente por los sistemas de inyección que tienen los motores diesel.

También puede aumentar la opacidad de los humos que limita su aplicación en la automoción de los motores, en el rendimiento de la reacción es viable para llegar a "conversiones más altas con metanol, usando el etanol el proceso es más complejo, costoso, requiere un mayor consumo de energía y tiempo. "Encontramos que requiere menos tiempo de reacción cuando se utiliza metanol en lugar de etanol, ya sea en ácido o catálisis alcalina, alcanzando altos rendimientos. Con lo anterior, se selecciona el metanol para ser utilizado en la producción de biodiesel, debido a su menor costo, un mejor rendimiento y menos tiempo y energía durante la reacción.

➤ CATALIZADOR

El catalizador puede ser hidróxido de sodio (NaOH, soda caustica), o hidróxido de potasio¹¹(KOH, potasa caustica), de grado industrial, en escamas o en perlas. Se ha preferido el hidróxido de potasio pues presentan ventajas al momento de disolverlo en el alcohol, favorece una transformación más completa el aceite en biodiesel en caso que se desee purificar la glicerina para su venta; permite obtener un subproducto utilizable como fertilizante (fosfato de potasio), en caso de trabajar con grasa, la glicerina se mantiene en estado líquido al enfriar, mientras que el NaOH se solidifica y hace difícil su separación del biodiesel por decantación en el reactor.

La cantidad a aplicar de catalizador depende de la acidez del aceite a tratar, tanto el NaOH como el KOH son corrosivos para diversos materiales, y resultan irritantes para la piel y las mucosas.

¹¹ En este proyecto se maneja el hidróxido de potasio (KOH)

Catalizadores heterogéneos o enzimáticos homogéneos se utilizan en la producción de biodiesel. Los catalizadores homogéneos son solubles en el medio de reacción, es decir, que están en una sola fase ya sea líquido o gaseoso. "Una de las ventajas de la catálisis homogénea es la alta velocidad de reacción, y la temperatura moderada y condiciones de presión. Los catalizadores pueden ser ácidos o álcalis, los catalizadores ácidos son eficaces, pero requieren un intervalo de tiempo extremadamente largo y temperaturas superiores a 100 ° C para su acción. "conversiones Obtención de 99% con una concentración de ácido sulfúrico 1% en relación con la cantidad de aceite, se tarda unas 50 horas. Podemos utilizar este proceso catalítico cuando los aceites tienen un alto grado de acidez y "dañar la acción de catalizadores alcalinos con una acidez superior a 10 %. Se puede utilizar ácido sulfúrico (H_2SO_4), Ácido fosfórico (H_3PO_4), entre otros.

Cuando se utiliza "catalizadores ácidos con exceso de alcohol hace que la recuperación de la glicerina sea más difícil, ya que la cantidades de alcohol son bastante grandes en comparación con otro tipo de catalizador. Con el uso de HCl se consiguen un rendimiento de 61% y con H_2SO_4 podemos obtener 80%, pero estos "catalizadores son más corrosivos que los catalizadores alcalinos. En comparación con los catalizadores ácidos, los catalizadores básicos pueden acelerar la velocidad de reacción, la desventaja de los catalizadores básicos es porque se producen jabones debido a las altas cantidades de ácidos grasos libres y el agua por lo que hay que añadir la cantidad apropiada de base para neutralizar ácidos grasos libres. El hidróxido de sodio más utilizados son (NaOH), potasio hidróxido (KOH) e inapropiado para el uso industrial (CH_3ONa) metóxido de sodio ya que esto es más caro y "requiere ausencia total de agua los catalizadores se disuelven en la mezcla de reacción alcohol-aceite lo que hace que no se puede recuperar al final de la reacción de transesterificación. Por usar KOH como catalizador se puede producir fertilizantes de potasio tales como cloruro de potasio, sulfato de potasio y nitrato de potasio si el producto con ácido fosfórico es neutralizado.

El rendimiento máximo encontrado con NaOH es 85% a una concentración de hidróxido de sodio de 1,0%. Adición de un exceso en la cantidad de catalizador, da lugar a la formación de una emulsión que aumenta la viscosidad y conduce a la formación de gel. En relación con el uso

de catalizador, como (CH_3ONa) metóxido de sodio (KOCH_3) metóxido de potasio se observa una alta eficiencia en comparación con otros alcalinos catalizadores. La temperatura de la reacción de transesterificación "No debe superar el punto de ebullición del alcohol, ya que se evapora y forma burbujas que limitan la reacción en el alcohol de interfaces / aceite / biodiesel

En el método de transesterificación con metanol vía alcalina, el catalizador (KOH o NaOH) es disuelto en el alcohol en un pequeño reactor. El aceite es transferido al reactor de biodiesel y después la mezcla catalizador/alcohol. La mezcla se agita a $60\text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura y una presión ambiente, "en un proceso catalizado álcalis se alcanza alta pureza y los rendimientos en períodos cortos de tiempo que oscila entre 30 -. 60 minutos. Los catalizadores heterogéneos se encuentran en dos fases y un área de contacto ", el uso de estos catalizadores simplifica y hace más económico el proceso de purificación debido a la fácil separación de los productos y reactantes.

La desventaja es la dificultad a la temperatura, el control de las reacciones muy exotérmicas, limitaciones en la transferencia de masa de reactivos y productos, así como alta resistencia mecánica al catalizador. Entre los catalizadores más comunes son los óxidos metálicos (MgO, CaO), Los rendimientos etc. Por ejemplo, mediante el uso de óxido de zinc se obtienen de 50,7%, cuando el catalizador es Al_2O_3 (óxido de aluminio) se obtiene 57,5% y el uso de CaO (Óxido de Calcio) rendimiento de 65%. Estos catalizadores tienen limitaciones en la transferencia de masa de reactivos y productos", pero tienen la ventaja de que no son corrosivos para el reactor.

La fácil separación de los productos genera una "Simplificación del proceso de fabricación ya que el catalizador puede ser separado de los productos de reacción con un proceso simple de filtración. "No generar subproducto de jabón por reacción con los ácidos grasos libres (AGL). Con el uso de CaO (óxido de calcio) se consigue un rendimiento de 65% y mediante el uso de un rendimiento de MgO (óxido de Magnesio) 64%. Para lograr altos rendimientos de la reacción debe llevarse a cabo a una temperatura mayor esto aumenta los costos de energía. Teniendo tiempos de reacción alta, porque la velocidad de la reacción de transesterificación con estos catalizadores es menor en comparación con los catalizadores homogéneos, debido a la resistencia

de transferencia de masa. Finalmente, las lipasas¹² siendo eficaces para la reacción de transesterificación se pueden utilizar entre los catalizadores enzimáticos. Este tipo de catálisis tiene la ventaja de permitir el uso de alcohol con alto contenido de agua (más del 3%), las bajas temperaturas, que es un ahorro de energía y los altos grados de acidez en aceites.

➤ AGUA

Se requiere agua corriente para el proceso de lavado del biodiesel. El efluente resultante es alcalino y tiene un contenido significativo de jabones, grasas y trazas de metanol

➤ ENERGIA

Se necesita energía eléctrica (monofásica o trifásica de 220 voltios) para los motores, bombas y otros equipos utilizados en el proceso de producción.

➤ INSUMOS OPCIONALES

Si de acuerdo con la normatividad nacional fuera necesario tratar el efluente antes de descargarlo al desagüe, se requerirá de sulfato de magnesio como floculante, también se puede utilizar una trampa de grasa para separar las emulsiones formadas durante el proceso de purificación

Así mismo, para la neutralización total y parcial purificación de la glicerina se requiere ácido fosfórico. Este ácido también puede ser utilizado para facilitar y mejorar los resultados de la tapa de lavado del biodiesel, aunque no resulta imprescindible.

Teniendo en cuenta el procedimiento general para la obtención de biodiesel, algunas de las variables que inciden en la calidad de este son: la pureza de los reactivos, la relación molar alcohol/grasa animal, tipo y cantidad de catalizador, agitación, temperatura y tiempo de reacción.

¹² La lipasa es una enzima que se usa en el organismo para disgregar las grasas de los alimentos de manera que se puedan absorber. Su función principal es catalizar la hidrólisis de triacilglicerol a glicerol y ácidos grasos libre

➤ RECEPCION

El aceite debe ser recibido en cilindros o depósitos de plásticos metal, en caso de ser producción propia este debe ser almacenado preferentemente en cilindros o baldes de 20 a 50 litros para una fácil manipulación de estos.

Por lo general, rápidamente se depositan en el fondo restos de sólidos de comida.

En lo posible hay que tratar de no remover los restos sólidos de comida, para no ensuciar el aceite ni dificultar el filtrado

Es preferible llevar un registro de la cantidad y calidad del aceite recibido, con la finalidad de poder conocer las características del aceite recibido por cada proveedor.

➤ EXTRACCION DEL ACEITE

Para el caso del sebo animal, la grasa se extrae mediante el molido y cocción de la materia prima en agua. Hay dos tipos de grasa que pueden emplearse: la primera es el sebo directamente retirado de la carne de los animales; el otro incluye, además de lo anterior, cartílagos y huesos. Una vez obtenido el caldo con la grasa, ésta debe separarse por técnicas como el filtrado, el prensado, la centrifugación o la extracción usando solventes. El resultado final es la grasa sin agua ni partículas.

➤ FILTRADO

La operación de filtrado del aceite se realiza manualmente, con ayuda de una bomba manual.

Se pasa el aceite a través de una malla metálica y un filtro grueso, lo cual sirve para separar las partículas gruesas que se encuentran en suspensión en el aceite, y se conduce el aceite filtrado al

cilindro de almacenamiento

Si el aceite es muy viscoso, el filtrado se facilita calentándolo ligeramente.

Luego del filtrado, se registra para cada envase la tasa de sólidos remanentes y la tasa del envase vacío

Los sólidos se almacenan en baldes o latas para destinarlos al compostaje o alimentación animal

➤ ALMACENAMIENTO Y SEDIMENTACION DE SOLIDOS FINOS

El aceite filtrado se almacena en un cilindro de plástico destinado para esto, se debe mantener el cilindro tapado para evitar el ingreso de impurezas como polvo o insectos, en el fondo del tanque se irán depositando sólidos finos que formarán una especie de lodo, así periódicamente será necesario limpiar el tanque para descargar tal impureza, el lodo será separado y destinado al compostaje o alimentación animal

➤ DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se toma una muestra pequeña de aceite de no más de medio litro, se pone en una cocina o plancha eléctrica y se calienta hasta llegar a los 100°C, si el aceite empieza a burbujear a crepitar o crujir, es indicador de que contiene agua, entonces habrá que secarlo antes de transformarlo en biodiesel.

➤ SECADO DEL ACEITE

El secado del aceite se puede realizar de dos maneras, aunque resulta más recomendable la segunda:

La primera manera; se emplea un cilindro de 50 gal abierto, se calienta hasta 90°C y se deja que concluya el proceso de burbujeo y crujido es importante un cuidadoso control de la temperatura para evitar que se quemé el aceite, se acidifique o se rancie, NO se recomienda utilizar el secador de biodiesel que quedará sucio con aceite, es preferible emplear un recipiente que tenga base

cónica, con un desboque en el centro del cono, con la finalidad de ir purgando el agua que se vaya separando del aceite cuando se calienta, esto ahorra tiempo y energía.

La segunda manera es empleando el mismo reactor de biodiesel, se calienta hasta aproximadamente 60 ó 70 °C y después se deja sedimentar, por diferencia de densidades, el agua se depositará al fondo y se podrá separar manualmente, después de esto, el aceite está listo para la transesterificación

➤ DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ

Este paso es muy importante para saber qué cantidad de catalizador es necesaria para la reacción, se necesita un equipamiento básico de laboratorio para medir pesos y volúmenes exactos.

➤ ADITIVOS

Clasificación de los aditivos son como sigue

➤ Aditivos a base de metal A.

Se añaden diversos tipos de aditivos a base de metal con biodiesel para mejorar la propiedad de combustible diesel, esto aditivos se añaden en el biodiesel para alcanzar completamente la combustión y reducir las emisiones de escape, algunos metales aditivos son muy eficaces en la mejora de la ignición, el principio de estos aditivos consisten en un efecto catalizador en la combustión de hidrocarburos Número de cetano del biodiesel con el fin de mejorar mediante la adición de aditivos el biodiesel, que es útil para mejorar las características de encendido de biodiesel, el metal aditivo en la base incluyen platino (Pt), platino-cerio (Pt- Ce), cerio (Ce), cerio-hierro (Ce-Fe), hierro (Fe), bario, calcio, manganeso (Mn) y cobre El uso de aditivos en un biodiesel hace que haya una reducción en las emisiones de escape, esto puede ser debido a que los metales al reaccionar con vapor de agua pueden generar hidroxilos radicales o directamente reaccionan liberando átomos de carbono de este modo la temperatura del catalizador de

oxidación Basados en metales aditivos se añaden en diesel como compuesto orgánico de metal y el metal se forma como partículas nano Óxido de metal estos como aditivos en el combustible juegan un papel importante para mejorar

➤ Aditivos oxigenados B.

Aditivos oxigenados contienen oxígeno que no es nada más que combustible La idea de utilizar el oxígeno para producir un limpiador de combustibles diesel, estos aditivos aumentan la cantidad de oxígeno en el biodiesel, debido a que no es más rápido en el encendido, el concepto de tener en cuenta un aditivo oxigenado es reducir la temperatura de ignición de las partículas Aditivos oxigenados se utilizan para mejorar el octanaje y la calidad de la combustión.

Los aditivos oxigenados son el alcohol (etanol, metanol, butanol y propanol, etc.), éter (acetato de éter butílico terciario ethe-metil terc butilo, éter diisopropílico, éter de dimetilo, éter dietílico etc.) y éster (éster de ácido dicarboxílico y ésteres acetoacéticos) grupo funcional Aditivos oxigenados son tomados en cuenta para disminuir la temperatura de ignición del combustible y la disminución de la emisión de humo esto depende del contenido de oxígeno y la estructura molecular de combustible los aditivos oxigenados directamente afectan las propiedades tales como la viscosidad, la densidad, el comportamiento disminuye la temperatura, la volatilidad y el número de cetano, los aditivos oxigenados ayudan a la combustión rápidamente, así como minimizar la contaminación atmosférica, debido a que los aditivos oxigenados en la combustión del motor se queme por completo, la mayor parte del combustible se quema y los productos químicos nocivos son rescatados en la atmósfera

➤ NEUTRALIZACION DEL ACEITE

Se pone el aceite en un recipiente grande, de preferencia de acero inoxidable y nunca de aluminio, pues este se corroe de forma rápida con el KOH o el NaOH

Por cada litro de aceite a procesar, disolver X gramos de KOH en 20 ml de agua, Este procedimiento debe hacerse con cuidado, utilizando guantes y lentes de protección pues el KOH

es irritante y podría quemar las manos.

Cuando la solución esté bien disuelta, esta se debe agregar lentamente y con mucho cuidado al aceite, removiendo con constancia.

Se verá que se empiezan a formar pequeños grumos que son jabones producidos al reaccionar el KOH con los ácidos grasos libres.

Después de que todo esté bien mezclado, filtrar nuevamente el aceite a fin de separar el jabón que se formó

Por último volver a titular el aceite para determinar si disminuyó la acidez, si esta es menor a 2 gr KOH/litro se procederá a la transesterificación.

➤ ESTERIFICACIÓN

Este proceso se aplica solamente a las grasas primarias que contienen un alto nivel de ácidos grasos libres. Estos ácidos son de importancia determinante en la producción de biodiesel porque si su nivel es alto, el biodiesel resultante se hará sólido ante temperaturas bajas.

Por ello el proceso de esterificación sirve para retirar a los ácidos grasos libres para dejar al aceite base con una concentración de éstos que sea inferior al 1%.

Este proceso es especialmente importante para el caso del biodiesel proveniente de grasas animales o aceites de reusó, puesto que el nivel de ácidos grasos libres presentes en la materia prima varía de lote en lote. Ante esta situación el control de calidad en la planta de producción es un elemento crítico. No sucede así con las grasas provenientes de cultivos, porque casi no tienen variaciones sobre el nivel de tales ácidos.

Se lleva a cabo agregando un catalizador ácido (como el ácido sulfúrico) y metanol a la grasa, lo que hace que los ácidos grasos se separen, generando de una parte un aceite bajo en ácidos

grasos libres y de la otra agua química.

➤ TRANSESTERIFICACIÓN

Como se describió antes, la transesterificación es el proceso en el que el aceite se separa en glicerina por una parte y biodiesel por la otra, gracias a la acción de un catalizador base como el hidróxido de sodio y un alcohol como el metanol.

El biodiesel se dirige a la fase de lavado, mientras que la glicerina es sometida a un proceso de refinación y desmetanolización, puesto que ésta se queda con la mayor parte del metanol empleado en la transesterificación.

El biodiesel que queda después de este proceso todavía tiene impurezas que hay que retirar en los siguientes pasos.

➤ LAVADO

El lavado se hace mediante agua y consiste en retirar del biodiesel cualquier sustancia que sea soluble al agua, aprovechando que los aceites como el biodiesel no son solubles en agua.

Entre otras cosas, de esta fase se retira más glicerina, que puede enviarse al proceso de refinación de la misma.

➤ DESHIDRATADO

En este paso se quita el agua que pudo quedarse del proceso de lavado. Se realiza calentando el biodiesel para que se evapore el agua impurezas y restos de alimento, y quitar el agua que pueda contener, mediante calentamiento.

Será suficiente con calentar lentamente hasta llevar a unos 60°C, y en ese momento, retirar la fuente de calor y dejar enfriar lentamente.

➤ MANEJO DE INSUMOS QUIMICOS

Es muy importante tener en cuenta que se está trabajando con insumos químicos peligrosos el metanol es altamente inflamable y tóxico por inhalación, ingestión y contacto, el KOH es corrosivo, irritante si se inhala el polvo y quema la piel si se toca, por ello la adecuada selección de ropa y equipamiento de seguridad, así como de los materiales que estarán en contacto con estos químicos es fundamental

➤ ROPA Y EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

GUANTES

Emplear guantes de jebe (o de preferencia de nitrilo) todo el tiempo que se trabaje con metanol y con KOH o NaOH. Enjuagar los guantes de jebe inmediatamente con abundante agua luego de manipular el KOH o NaOH, porque estas sustancias atacan el caucho. Emplear guantes de cuero cuando se trabaje con superficies calientes

MASCARAS

Usar máscara con respirador para gases orgánicos y para partículas

Utilizarla obligatoriamente cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH

LENTES PROTECTORES

Usar lentes de protección cuando se trabaje con metanol y con KOH o NaOH

MANDIL

Uso obligatorio todo el tiempo

CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

Para la evaluación de la calidad del biodiesel se determinan propiedades como: densidad, punto de ebullición e inflamabilidad según la norma ASTM para calidad de biodiesel. ASTM ha especificado distintas pruebas que se deben realizar a los combustibles para asegurar su correcto funcionamiento, tomando esto como referencia, la densidad se evalúa de acuerdo a la norma en ISO 3675 a 15°C y para la viscosidad en ISO 3104 a 40°C. Adicionalmente se realizó unos análisis por cromatografía a una muestra de los biodiesel obtenidos para analizar el contenido de ácidos grasos.

Para el proyecto se evaluara la calidad dentro de cada uno de los procesos de acuerdo a las normas nacionales e internacionales

EL USO DEL BIODIESEL MEZCLADO

Las mezclas de los gasóleo que contenga hasta un 20% de biodiesel puede ser utilizado en casi todos equipos de diesel, el biodiesel puro puede ser usado en muchos motores con pocas o sin modificaciones, las mezclas de nivel inferior son compatibles con la mayoría de almacenamiento y distribución equipos, pero es necesario un tratamiento especial para mezclas de alto nivel.

El Uso de biodiesel va a permitir un equilibrio entre la agricultura, el desarrollo económico y el medio ambiente, esta mezcla tiene un menor costo, las materias primas son necesarias ya que el biodiesel de aceites de origen animal y vegetal no es económicamente competitivo con combustible diesel a base de petróleo. Las principales fuentes grasas animales son sebo de vacuno, manteca, grasa de aves de corral y aceites de pescado. Las grasas pueden ser mezclas de aceites vegetales y grasas de origen animal, AGL el contenido influye en el tipo de proceso que utiliza biodiesel y el rendimiento de combustible de ese proceso, otro tipo de contaminación presente puede influir en la medida de materia prima necesarios para utilizar una determinada reacción química; el sebo es grasa producida por la carne que llega al matadero, mientras que la manteca de cerdo y de grasa de pollo se refiere a las aves de corral. Las grasas provienen de restaurante, plantas de tratamiento de aguas, y "grasa negra" (lodos). El aceite de color marrón es gelatinoso a temperatura ambiente y tiene bajo contenido de aceite en general. Los aceites de

color amarillo y marrón son grasas de sebo, el cual se puede convertir en biodiesel, si bien los costos de procesamiento son mayores y el rendimiento por galón del biodiesel es menor. Según los Estados Unidos produce más de 1,4 mil millones de galones de aceite de cocina usada y grasa animales cada año. De hecho, alrededor de un 74% de los comestibles el sebo y grasa producida va en la alimentación animal, mientras que el resto se usa para hacer jabones, lubricantes y otros productos como el biodiesel.

CAPITULO 5

ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO PARA VIABILIDAD DE PREPARACIÓN DE BIOIDASEL A PARTIR DE GRASA ANIMAL

A continuación se estiman todas las inversiones, ingresos, costo y gastos relacionados con la ejecución del proyecto, con el fin de desarrollar una evaluación que permita demostrar la viabilidad financiera del mismo.

Inversión:

En la tabla se describe la inversión necesaria en la compra de bienes y servicios que se utilizarían para equipar la planta para su ejecución operativa, la planta se realizaría en sitios cercanos a Mosquera, zipa,

La compra de los activos fijos para la realización del proyecto se realizarían a través de Leasing financiero de bienes inmuebles a 10 años por un valor de

INVERSIONES REQUERIDAS PARA EL PROYECTO – INVERSIONES FIJAS

INVERSIONES REQUERIDAS PARA EL PROYECTO	PESOS COL. \$
Caldera	38.0000.000
Tanques de almacenamiento aceite	23.0000.000
Tanque para almacenamiento de combustible	17.200.000
*Accesorios y tuberías	5.000.000
Equipos de aislamientos térmico	16.700.000
Total inversiones fijas	99.900.000

*Accesorios: Colador de aceite, Recipientes herméticos

Este es un montaje que se realizaría con Spirax Sarco y Casaval S.A., empresas dedicadas a la comercialización y distribución de válvulas, manómetros, tubería.

CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo son los recursos que se tienen para poder operar el objeto social de la empresa (Efectivo, Inversiones a corto plazo, deudas por cobrar e Inventarios),

Para manejar el capital de trabajo de la Inversión se tiene en cuenta las siguientes condiciones

- Venta a crédito Superiores a \$ 25.000.000 m/cte.
- Recuperación de cartera plazo máximo 30 días
- Pago a proveedores 30 a 45 días
- Préstamo Bancario menores a 12 meses
- La proyección de los Flujos de Caja se asume un horizonte de cinco años
- Cálculo precio de la venta del biodiesel de acuerdo con lo establecido en la resolución No. 18170 del 29 de Diciembre de 2005, del Ministerio de Minas y Energía.

Para el cálculo del capital de trabajo se utilizo el método de ciclo productivo, el cual consiste en establecer el monto de los costos operacionales desde el momento en que se efectúa el primer pago hasta el momento en que se recibe el dinero por la venta de la grasa producida. El ciclo operativo para el presente

El proyecto fue calculado en 30 días.

ESTIMACION CAPITAL DE TRABAJO

DESCRIPCION	VALOR
Volumen de productos terminados 30 días (litros)	15.000
Costos unitario de productos terminados (miles de COP\$/ Litros)(1)	1.140.00

Valor del capital de trabajo (COP\$/litros)	17.100.000.oo
---	---------------

TOTAL INVERSION REQUERIDA PARA EL PROYECTO

DESCRIPCION	PESOS COL. \$
Inversiones Fijas	99.900.000.oo
Capital de trabajo (materia prima, insumos)	17.100.000.oo
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	117.000.000.oo

PROPUESTA DE FINANCIACIÓN

En la siguiente tabla se presenta la estructura de financiación solicitada para el proyecto:

DESCRIPCION	PESOS COL. \$	RECURSOS INVERSIONISTAS
Inversiones Fijas	79.900.000.oo	20.000.000.oo
Capital de trabajo (materia prima, insumos)	17.000.000.oo	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	117.000.000 .oo	20.000.000.oo

LINEA DE CREDITO

Una de las propuestas para la financiación del proyecto es presentarlo en el programa “FONDAE”

Con la evaluación de proyectos, FONADE brinda soporte técnico a las entidades públicas o privadas para agilizar la viabilidad de la toma de decisiones y la viabilidad de los proyectos que les sean presentados, evitándoles así el desgaste administrativo que implica la recepción de la información, su revisión, clasificación, evaluación y aprobación. De esta manera se garantiza la asignación de los recursos para los proyectos viables.

Objeto:

Financiar la asistencia técnica para los procesos de reconversión industrial y la implementación de procesos de innovación tecnológica requerida para cada uno de los sectores de la economía

- Monto: Hasta el 100% del costo del proyecto
- Plazo: De 3 a 5 años
- Periodo de gracia: de 6 meses a 1 año pago a capital
- Tasa: Para 3 años hasta DTF +4.25 T.A., para 4 años DTF + 4.5 T.A., para 5 años DTF + 5 T.A.
- Garantía: Certificado fondo Nacional de Garantía y/o flujo de ingresos de los contratos firmados, o facturación y/o prendas sobre maquinaria y equipo

LINEA DE CREDITO PARA INVERSION FIJA

DESTINO	PRESTAMO LEASING
Monto:	150.000.000.00
Plazo:	8 años
Tasa:	14.23098 DTF / 1.18592 MV
Periodo de Gracia	6 meses a capital
Amortizaciones	Mes Vencido
Garantía	Apartamento ubicado en la Carrera 14ª No 59 76 Apartamento 302 y Apartamento ubicado en Calle 26 Sur No 93d – 38 Torre 7 apto 503

TABLA AMORTIZACION CREDITO LEASING

Oficina		Chapinero - Carrera 13 # 60 – 91			plazo Total	96 Canones	
Producto		Leasing Financiero - M			Capital Inicial	150.000.000.00	
Cliente		Biodiesel salca sas			Tipo de activo	Inmueble	
Modalidad		Vencido			Fecha de Inicio	26/12/2015	
Codigo tasa		30 DTF T.A. en MV 14,23098%			Moneda	Pesos Colombianos	
AÑO	DIA	TASA	AMORTIZACION	FINANCIACION	SEGUROS	TOTAL CANON	SALDO CONTRATO
							150.000.000,00
2016	360	14,23%	10.848.833,00	21.346.470,00	133.212,00	32.195.303,00	139.151.167,00
2017	360	14,23%	12.392.728,25	19.802.574,75	11.101,00	32.195.303,00	126.758.438,75
2018	360	14,23%	14.156.334,93	18.038.968,07	11.102,00	32.195.303,00	112.602.103,81
2019	360	14,23%	16.170.920,13	16.024.382,87	11.103,00	32.195.303,00	96.431.183,68
2020	360	14,23%	18.472.200,54	13.723.102,46	11.104,00	32.195.303,00	77.958.983,15
2021	360	14,23%	21.100.975,70	11.094.327,30	11.105,00	32.195.303,00	56.858.007,45
2022	360	14,23%	24.103.851,33	8.091.451,67	11.106,00	32.195.303,00	32.754.156,12
2023	360	14,23%	27.534.065,59	4.661.237,41	11.107,00	32.195.303,00	5.220.090,52
2024	360	14,23%	5.220.090,52	742.870,04	11.108,00	5.962.960,56	-

MATERIA PRIMA

En este orden de ideas, la inversión propia se utilizara para la compra de materia prima

Sebo crudo	Matadero de Zipaquirá	80%	\$ 100 Kg
Hidróxido de potasio	Barmex s.a.	10%	\$ 20.000 Kg
Metanol	Marffquim	10%	\$ 260 Lt
Fenolftaleína	Norquimicos Ltda		\$ 300.000 Lt

PROYECCIÓN DE COSTOS Y GASTOS

- **Costo Unitario del sebo:** La materia prima base para la producción del Biodiesel es el SEBO, (Matadero de Zipaquirá) suministraran esta materia prima a la planta de Biodiesel a costo unitario (\$100 /kilogramo)

- **Costo Unitario de Hidróxido de potasio** esta materia prima es utilizado como catalizador, (Barmex sa) suministrara esta materia prima a la planta Biodiesel a un costo unitario de (\$20.000 /Kilogramo)
- **Costo Unitario de Metano** esta materia prima es utilizado como catalizador, (Marffquim) suministrara esta materia prima a la planta Biodiesel a un costo unitario de (\$260 /Litro)
- **Costo Unitario de Fenolftaleína** esta materia prima es utilizado como catalizador, (Norquimicos Ltda) suministrara esta materia prima a la planta Biodiesel a un costo unitario de (\$300.000/Litro)
- **Costo variable Unitario:** Al sumar a los costos del sebo el costo de los otros insumos requeridos para la producción del biodiesel en términos unitarios Materia prima requerida :

1.000	ml	aceite	\$ 100.00
3.5	gm	Hidróxido de potasio	\$ 70.00
200	ml	Metanol	\$ 52.00
0.40	ml	Fenolftaleina	\$120.00

- Por Litro de biodiesel producido obtenemos el costos variable de materia por valor de \$ 342 cop
- **Costos y gastos fijos:** Los costos y gastos fijos del proyecto se detallan así:
- **Gastos de personal:** La plantilla de personal operativo, administrativo y de ventas requerido por el proyecto, con sus salarios asignados.

• Jefe de planta	\$ 2.800.000	1
• Operarios	\$ 1.300.000	4
• Contador	\$ 2.500.000	1
• Asistente de administración	\$ 950.000	1
• Ayudante oficios. Varios	\$ 900.000	1
• Comercial	\$ 1.500.000 + comisiones	2
Total mano de obra	\$ 15.350.000	

PERFILES

Jefe de Planta:

Jefe de planta se responsabiliza de todas las actividades relacionadas con el proceso productivo (fabricación, calidad, mantenimiento, logística, compras...), de acuerdo con las directrices generales marcadas por gerencia. Dirige, controla y apoya a la estructura humana y técnica implicada en el proceso de fabricación. Además, dirige y controla las mejoras de organización de los procesos productivos según las normativas de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales. Este perfil depende del director de producción o industrial.

Funciones

- Implanta las estrategias de producción de acuerdo con los objetivos de gerencia.
- Planifica los programas de fabricación.
- Implanta y ejecuta las políticas de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales.
- Asegura el buen funcionamiento del área de aprovisionamiento y logística.
- Desarrolla líneas de producción y o/montaje para nuevos productos.
- Planifica y organiza el mantenimiento del proceso de fabricación.
- Lleva a cabo una tarea continuada de análisis y organización de procesos, con la finalidad de obtener los máximos niveles de productividad y eficiencia, todo implantando programas de mejora continua. Adapta la producción a las exigencias de competitividad y a las necesidades del mercado, con la colaboración de otros departamentos de la empresa (oficina técnica, calidad...).
- Lidera el equipo humano y lo mantiene motivado, aprovechando al máximo su talento.
- Participa en las tareas de formación del personal.
- Asegura el cumplimiento del presupuesto organizando el equipo, sus recursos y gestiona el aprovisionamiento de primeras materias.

Director de ventas:

El director de ventas es la persona encargada de dirigir, organizar y controlar un cuerpo o departamento de Ventas, debe agrupar todas las cualidades de un verdadero líder, como son la honestidad, ser catalizador, tomar decisiones, ejecutarlas, en fin un gerente deber ser muchas cosas, para muchas personas.

Funciones

- Elaboración de estrategias comerciales
- Coordinar y aumentar el porcentaje de ventas en función del plan estratégico organizacional
- Reclutamiento, selección y entrenamiento de la fuerza de ventas.
- Coordinar los planes de trabajo de los vendedores Semanal, mensual y anual
- Medición y evaluación del desempeño de la fuerza de ventas
- Análisis del volumen de venta, costos y utilidades
- Verificar los nuevos productos del mercado para comercializar y darle al público un buen beneficio.
- Conocer las necesidades de diferentes tipos de clientes
- Impulsar la apertura a nuevos mercados y cuentas
- Elaborar y ejercer el presupuesto semestral de la Empresa

Asistente comercial:

Es quien asiste a la gerencia Comercial en el cumplimiento de objetivos y metas; suele ser la mano derecha del gerente y este maneja información actualizada que el gerente necesita tener siempre disponible en todo momento.

Funciones

- Manejo de reportes de ventas
- Administración de la información

- Es la recepción de todo tipo de información útil para el departamento
- Atención de consultas de la gerencia
- Realización de movimiento y consultas en el sistema
- Control de ejecutivos de ventas
- Participar en la planificación
- Participar del proceso de planificación ón de actividades, presupuestos y estrategias del departamento
- Dialogar y negociar con jefes para el mejoramiento de las ventas

Secretaria

El secretariado es una función esencial en cualquier tipo de actividad empresarial, tanto en el mundo de los negocios como en la industria o en las profesiones liberales. La secretaria contribuye al eficaz funcionamiento de una empresa mediante su trabajo discreto, ordenado y metódico

Funciones

- Personalidad equilibrada y proactiva.
- Autoestima positiva.
- Capacidad de adaptación a los cambios.
- Habilidades comunicativas y escucha activa.
- Capacidad de crear, innovar e implementar.
- Criterio propio para actuar oportunamente y distinguir prioridades.
- Disposición para trabajar en equipo.
- Capacidad de observación, concentración y amplitud de memoria.
- Tacto y prudencia para manejar situaciones diversas.
- Espíritu de superación.
- Flexibilidad
- Sentido de humor.
- Resistencia física y nerviosa.

- Agudeza visual

Contador:

Profesional Contador Público, indispensable conocimiento en Normas Internacionales y amplia experiencia en impuestos, conocimiento en legislación tributaria vigente, preferiblemente, con alta tolerancia a trabajar bajo presión, capacidad para trabajar en equipo

Funciones

- Clasificar, registrar, analizar e interpretar la información financiera de conformidad con el plan de cuentas establecido para Fondos de Empleados.
- Llevar los libros mayores de acuerdo con la técnica contable y los auxiliares necesarios, de conformidad con lo establecido por la SIES.
- Preparar y presentar informes sobre la situación financiera de FECONCAL que exijan los entes de control y mensualmente entregar al Gerente, un balance de comprobación.
- Preparar y presentar las declaraciones tributarias del orden municipal y nacional, a los cuales el Fondo de Empleados esté obligado.
- Preparar y certificar los estados financieros de fin de ejercicio con sus correspondientes notas, de conformidad con lo establecido en las normas vigentes.
- Asesorar a la Gerencia y a la Junta Directiva en asuntos relacionados con el cargo, así como a toda la organización en materia de control interno.
- Llevar el archivo de su dependencia en forma organizada y oportuna, con el fin de atender los requerimientos o solicitudes de información tanto internas como externas.
- Presentar los informes que requiera la Junta Directiva, el Gerente, el Comité de Control Social, el Revisor Fiscal y los asociados, en temas de su competencia.
- Asesorar a los asociados en materia crediticia, cuando sea requerido
- Las demás que le asignen los Estatutos, reglamentos, normas que rigen para las organizaciones de Economía Solidaria.

Operadores:

El operador de producción es importante para mantener el proceso productivo. Éste hará un seguimiento de la producción y de su progreso, asegurando de que todo esté funcionando sin problemas y eficientemente. Ellos tomarán los datos y mantendrán registros de la velocidad, la eficiencia y los resultados de la producción. Con esta información, sugerirán cambios que puedan mejorar el proceso. Los operadores de producción supervisan todo el proceso.

Funciones

- Empujar, repartir, nivelar o mover tierra escombros u otros materiales.
- Lubricar y limpiar periódicamente la maquina a fin de garantizar su adecuado funcionamiento.
- Efectuar las reparaciones sencillas e informar de los daños graves del equipo.
- Seguir normas de seguridad pertinentes, a fin de evitar accidentes de trabajo.
- Responsabilizarse de todas las herramientas e implementos que sean asignados ya que de esto depende el correcto desempeño de la maquinaria asignada.
- En caso de sufrir daños y/o imperfecciones, no deberá abandonar la maquinada sin previo aviso a su jefe inmediato.
- Cualquier daño de la maquinaria que sea comprobado por el mal uso, por mantenimiento inadecuado o accidente vial, donde el operario tuviese la culpa, será asumido directamente por el mismo y no por la empresa.
- Manejar y velar la adecuada utilización de la maquinaria a su cargo.
- Velar por el buen funcionamiento de la maquinaria asignada
- Hacer cuidadosamente el respectivo cargue bienes o materiales que se deban necesitar en el proceso según lo ordenado.
- Seguir normas de seguridad pertinentes entregar oportunamente la información que requiera la sección de contabilidad.
- Elaborar el plan anual de compras de conformidad con la información que suministren las diferentes dependencias y los registros históricos
- Mantener al día el kárdex del almacén.

- Mantener organizado y actualizado el registro de proveedores y el catalogo de materiales que requiere la administración Municipal.
- Hacer oportunamente las compras y pedidos para los cuales este autorizado e informar al superior inmediato las necesidades existentes.
- Recibir y constatar que los bienes que ingresen el almacén corresponden a las cantidades, calidades y especificaciones establecidas.
- Responder por la seguridad del almacén, mantener...

Ayudantes

Ejecución de labores de limpieza, mantenimiento y construcción básicos en la infraestructura y equipos de la empresa

Funciones

- Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su area, por lo que deberá mantenerse permanentemente actualizado
- Realizar labores auxiliares en las actividades de los procesos de mantenimiento, inspección de obras, despacho de gasolina y otros
- Asistir a operarios de mayor nivel en la reparación, construcción y reconstrucción de piezas y estructuras metálicas sencillas; por medio de la operación de equipos
- Asistir en la reparación y mantenimiento de equipo utilizado para el expendio de combustible, revisar, separar, cambiar partes de los abastecedores de combustibles
- Realizar labores auxiliares de reparación y mantenimiento de equipo eléctrico; asistir a operarios de mayor nivel en la instalación de equipos
- Ejecutar laboras sencillas de instalación, reparación y mantenimiento al equipo de telecomunicaciones
- Mantener el orden y limpieza del área de trabajo y de los diferentes equipos, herramientas y maquinaria que utiliza en sus labores diarias
- Reportar desperfectos y anomalías que sufren los equipos

- Suministrar mediante los documentos establecidos la información necesaria sobre los trabajos realizados

Vigilante

Ejercer la vigilancia y protección de bienes muebles e inmuebles, así como la protección de las personas que puedan encontrarse en los mismos.

Funciones

- Ejercer la vigilancia y protección de bienes muebles e inmuebles, así como la protección de las personas que puedan encontrarse en los mismos.
- Efectuar controles de identidad en el acceso o en el interior de inmuebles determinados, sin que en ningún caso puedan retener la documentación personal.
- Evitar la comisión de actos delictivos o infracciones en relación con el objeto de su protección.
- Poner inmediatamente a disposición de los miembros de las Fuerzas y Cuerpos de
- Seguridad a los delincuentes en relación con el objeto de su protección, así como los instrumentos, efectos y pruebas de los delitos, no pudiendo proceder al interrogatorio de aquéllos.
- Efectuar la protección del almacenamiento, recuento, clasificación y transporte de dinero, valores y objetos valiosos.
- Llevar a cabo, en relación con el funcionamiento de centrales de alarma, la prestación de servicios de respuesta de las alarmas que se produzcan, cuya realización no corresponda a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad

Servicios Generales

Realizar las labores de aseo, limpieza y cafetería, para brindar comodidad a los funcionarios en los sitios de trabajo del área a la cual está prestando los servicios, conforme a las normas y procedimientos vigentes

Funciones

- Asear las oficinas y áreas asignadas, antes del ingreso de los funcionarios y vigilar que se mantengan aseadas.
- Mantener los baños y lavamanos en perfectas condiciones de aseo y limpieza y con la dotación necesaria.
- Clasificar la basura empacando desechos orgánicos, papeles y materiales sólidos en bolsas separadas.
- Responder por los elementos a su cargo e informar sobre cualquier anomalía o deterioro que ellos presenten y solicitar su reposición o reparación si es del caso.
- Mantener limpios los muebles, enseres, ventanas, cortinas y todo elemento accesorio de las áreas de las oficinas.
- Prestar el servicio de cafetería a los funcionarios en sus oficinas y atender las reuniones que se lleven a cabo en las oficinas de su área de trabajo.
- Cumplir con las funciones contenidas en la Constitución, la Ley, los Decretos, Ordenanzas, Acuerdos, Manual de Funciones, Reglamentos Internos de la corporación Municipal.
- Realizar las gestiones necesarias para asegurar la ejecución de los planes, programas y proyecto en los que interviene en razón del cargo.

GASTO DE PERSONAL PROYECTADO A 5 AÑOS

MANTENIMIENTO Y DEPRECIACION

DESCRIPCION	2016	2017	2018	2019	2020
Costos propiedades planta y equipo	94.900.000	94.900.000	94.900.000	94.900.000	94.900.000
Depreciacion de produccion	18.980.000	18.980.000	18.980.000	18.980.000	18.980.000
Total gastos de mantenimiento	13.000.000	13.520.000	14.060.800	14.623.232	15.208.161

OTROS GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS 0,04

DESCRIPCION	2016	2017	2018	2019	2020
Honorarios	84.000.000	87.360.000	90.854.400	94.488.576	98.268.119
Arrendamiento	151.680.000	160.780.800	170.427.648	180.653.307	191.492.505
Adecuaciones e Instalaciones	65.000.000	35.000.000	25.000.000	25.000.000	25.000.000
Transporte	12.000.000	12.480.000	12.979.200	13.498.368	14.038.303
Servicios publicos	16.000.000	16.640.000	17.305.600	17.997.824	18.717.737
papelera	8.000.000	8.320.000	8.652.800	8.998.912	9.358.868
Gastos de representación	4.000.000	4.160.000	4.326.400	4.499.456	4.679.434
Gastos varios	36.000.000	37.440.000	38.937.600	40.495.104	42.114.908
impuestos	36.000.000	37.440.000	38.937.600	40.495.104	42.114.908
Seguros	17.900.000	18.616.000	19.360.640	20.135.066	20.940.468
Total otros gastos de administración y ventas	462.560.000	450.736.800	459.822.688	479.864.948	500.913.413

PROYECCION DE INGRESO DEL PROYECTO

- Ventas en el Mercado Nacional:** Para la estimación de los ingresos que generará el proyecto producto de las ventas en el mercado nacional, se calculó el precio de venta del biodiesel de acuerdo con lo establecido el Ministerio de Minas y Energía, la cual estableció un precio “techo” y un precio “piso” a la mezcla del biocombustible con el diesel normal (fósil). Precio establecido a Octubre de 2015

	2016	2017	2018	2019	2020
Capacidad teorica (Litros /dia)	500,00	510,00	520,20	530,60	541,22
% Eficencia de producción	82%	80%	85%	83%	87%
Producción real	410	408	442	440	471
Días de producción al año	360	360	360	360	360
Producción anual (Litros)	147.600	146.880	159.181	158.544	169.509
Precio biodiesel COP	10.735	10.735	10.735	10.735	10.735
Ventas nacionales proyectadas	1.584.441.720	1.576.712.736	1.708.762.428	1.701.927.378	1.819.626.934

PROYECCION DE ESTADOS FINANCIEROS E INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Los indicadores calculados sobre los Estados Financieros, muestran que el proyecto presenta una TIR Tasa Interna de Retorno del 71.85%, significativamente superior al Costo Promedio Ponderado del Capital asumido lo que demuestra el atractivo financiero del proyecto, finalmente y en concordancia con lo anterior, el proyecto presenta un período de recuperación de la inversión en solo un años, lo cual permite recomendar ampliamente para su ejecución

ESTADO DE RESULTADO

Descripcion	2016	2017	2018	2019	2020
ventas netas	1.584.441.720	1.576.712.736	1.708.762.428	1.701.927.378	1.819.626.934
(-) costo de venta sin depreciación	747.726.640	771.486.734	779.651.803	788.143.475	796.974.814
utilidad bruta	836.715.080	805.226.002	929.110.624	913.783.903	1.022.652.120
(-) gastos administración y ventas	625.402.340	619.333.634	634.404.195	660.670.516	688.192.002
ebitda					
(-) Amortización de diferido	-	0	0	0	0
depreciación	18.980.000	18.980.000	18.980.000	18.980.000	18.980.000
Utilidad operacional	192.332.740	166.912.369	275.726.430	234.133.387	315.480.117
Margen operacional	12,1%	10,6%	16,1%	13,8%	17,3%
(-) gastos financieros	69.500.000	29.500.000	29.500.000	29.500.000	29.500.000
Otros Gastos					
utilidad antes de impuesto	122.832.740	137.412.369	246.226.430	204.633.387	285.980.117
(-) provisión de impuestos	47.904.769	53.590.824	96.028.308	79.807.021	111.532.246
UTILIDAD NETA	74.927.971	83.821.545	150.198.122	124.826.366	174.447.871
margen neto	5%	5%	9%	7%	10%

PROYECCION DE LOS FLUJOS DE CAJA

DESCRIPCION	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS	1.437.553.376	1.431.370.189	1.537.009.942	1.531.541.902	1.625.701.547
Fondos generados por la operación	1.267.553.376	1.261.370.189	1.367.009.942	1.361.541.902	1.455.701.547
Aportes de capital	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
Total disponible	150.000.000	150.000.000	150.000.000	150.000.000	150.000.000
EGRESOS					
Costos de Operación	747.726.640	771.486.734	779.651.803	788.143.475	796.974.814
Gastos de Admon y ventas	625.402.340	619.333.634	634.404.195	660.670.516	688.192.002
Amortizaciones de capital	-	-	-	-	-
Gastos financieros	69.500.000	29.500.000	29.500.000	29.500.000	29.500.000
Impuesto de renta	47.904.769	53.590.824	96.028.308	79.807.021	111.532.246
Distribución de utilidades	-	74.927.971	83.821.544	150.198.122	124.826.366
TOTAL EGRESOS	1.255.724.211	1.382.657.515	1.372.349.234	1.489.705.092	1.468.960.936
SALDO EFECTIVO DEL PERIODO	181.829.165	48.712.674	164.660.708	41.836.810	156.740.611

VIABILIDAD DEL PROYECTO

BALANCE GENERAL PROYECTADO

DESCRIPCION	2.016	2017	2018	2019	2020
ACTIVOS					
ACTIVOS CORRIENTES					
BANCOS	53.000.000,00	33.559.628,00	127.794.062,00	(22.613.043,00)	100.326.731,00
CUENTAS POR COBRAR	146.888.344,00	145.342.547,20	171.752.485,60	170.385.475,60	193.925.386,80
INV. PRODUCTOS TERMINADOS	205.200.000,00	205.200.000,00	205.200.000,00	205.200.000,00	205.200.000,00
INV. MATERIAS PRIMAS	35.000.000,00	35.000.000,00	35.000.000,00	35.000.000,00	35.000.000,00
ANTICIPO DE IMPUESTOS	6.500.000,00	6.760.000,00	7.030.400,00	7.311.616,00	7.604.080,64
TOTAL ACTIVOS CORRIENTES	446.588.344,00	425.862.175,20	546.776.947,60	395.284.048,60	542.056.198,44
ACTIVOS NO CORRIENTES					
NO DEPRECIABLES	-	-	-	-	-
TERRENOS	-	-	-	-	-
DEPRECIABLES	-	-	-	-	-
EDIFICIOS	-	-	-	-	-
MAQUINARIA Y EQUIPOS	99.900.000,00	80.920.000,00	61.940.000,00	42.960.000,00	23.980.000,00
MUEBLES Y ENSERES	23.000.000,00	23.000.000,00	23.000.000,00	23.000.000,00	23.000.000,00
TOTAL ACTIVO FIJO DEPRECIABLE (BRUT)	122.900.000,00	103.920.000,00	84.940.000,00	65.960.000,00	46.980.000,00
(-) DEPRECIACIÓN ACUMULADA	-	18.980.000,00	37.960.000,00	56.940.000,00	94.900.000,00
TOTAL ACTIVO FIJO DEPRECIABLE (NETO)	122.900.000,00	84.940.000,00	46.980.000,00	9.020.000,00	(47.920.000,00)
ACTIVOS DIFERIDOS		-		-	-
TOTAL ACTIVOS	569.488.344,00	510.802.175,20	593.756.947,60	404.304.048,60	494.136.198,44
PASIVOS Y PATRIMONIO					
PASIVOS CORRIENTES					
PROVEEDORES	269.512.304,00	142.601.895,16	210.303.416,97	84.422.914,65	107.167.508,23
OTROS PASIVOS CORRIENTES	8.747.000,00	9.171.000,00	9.537.840,00	9.919.353,60	10.316.127,74
PASIVO FINANCIEROS CORTO PLAZO	130.000.000,00	113.750.001,00	97.500.002,00	81.250.003,00	65.000.004,00
IMPUESTO DE RENTA POR PAGAR	47.904.769,00	53.590.824,00	96.028.308,00	79.807.021,00	111.532.246,00
TOTAL PASIVOS CORRIENTES	456.164.073,00	319.113.720,16	413.369.566,97	255.399.292,25	294.015.885,97
PASIVOS NO CORRIENTES					
PASIVOS FINANCIEROS	18.396.300,00	12.938.940,00	7.941.420,00	4.078.390,00	5.672.440,00
TOTAL PASIVOS	474.560.373,00	332.052.660,16	421.310.986,97	259.477.682,25	299.688.325,97
PATRIMONIO					
CAPITAL	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00
RESERVA LEGAL	-	-	2.247.839,13	-	-
UTILIDADES RETENIDAS	-	74.927.971,00	-	-	-
UTILIDADES DEL EJERCICIO	74.927.971,00	83.821.544,00	150.198.122,00	124.826.366,00	174.447.872,00
TOTAL PATRIMONIO	94.927.971,00	178.749.515,00	172.445.961,13	144.826.366,00	194.447.872,00
TOTAL PASIVOS Y PATRIMONIO	569.488.344,00	510.802.175,20	593.756.947,60	404.304.048,60	494.136.198,44

CONCLUSIONES

En Colombia, es posible identificar que el gran potencial para la producción de biodiesel se da específicamente al interior del sector agroindustrial, cabe aclarar que Colombia va enfocada en la elaboración de biodiesel de primera generación, y el ideal es empezar a implementar en Colombia biodiesel de segunda generación

Considerando que si bien el biodiesel va adquiriendo cada vez mayor relevancia en el mercado mundial, tanto desde el lado de la oferta como el lado de la demanda, se convierte en una opción muy atractiva para desarrollar el sector y potencializar las exportaciones, por otro lado con el fin de abastecer la demanda doméstica de diesel se considera viable la producción de biodiesel para satisfacer el exceso de demanda actual de combustible, así mismo se lograrían establecer nuevos estándares en términos de protección ambiental, como quiera que se ha demostrado que el biodiesel es un combustible limpio que reduce significativamente la generación de gases de efecto invernadero y el emisión de partículas.

De todas maneras, un análisis conservador requiere de una revisión detallada de las debilidades de implementar una estrategia nacional de producción de biodiesel, para empezar, actualmente la producción del biodiesel sigue siendo significativamente costoso y esta ligado al precio de la materia prima, así mismo la producción requiere de un nivel significativo de conocimientos tecnológicos y químicos, que pueden afectar el grado de competitividad del producto final en términos de precios respecto a los combustibles fósiles

Reconociendo las limitaciones en cuanto al acceso a tecnologías los costos de producción y la proyección de los rendimientos, es importante señalar que si bien el biodiesel se convierte en una alternativa muy atractiva para el sector pecuario, se tiene que analizar muy bien la viabilidad y sostenibilidad económica, social y financiera de introducirse en el mercado de la producción y comercialización doméstica del biodiesel, de igual forma se identificó la capacidad de las diferentes regiones de absorber rápidamente los niveles de infraestructura necesaria y lograr un

encadenamiento del proceso que permita mayores eficiencias en el tema de la producción, esto con el fin de crear una cadena que sea competitiva y además sostenible en el tiempo.

Los indicadores calculados sobre los Estados Financieros, muestran que el proyecto presenta una TIR Tasa Interna de Retorno del 71.85%, significativamente superior al Costo Promedio Ponderado del Capital asumido lo que demuestra el atractivo financiero del proyecto, finalmente y en concordancia con lo anterior, el proyecto presenta un período de recuperación de la inversión en solo un años, lo cual permite recomendar ampliamente para su ejecución

Lista de referencias

- Adewale, Marie-Josée Dumont, Michael Ngadi – May 2015, Recent trends of biodiesel production from animal fat wastes and associated production techniques Review Article Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 45, Pages 574-588
- Adriano Mina D., Alfonso Rojas, Luis A. Rengifo, Fraccionamiento de ácidos grasos de sebo para producir ácidos oleico y esteárico comerciales
- Ana Alicia Solís de Alba , -2008- Reformas estructurales, crisis de la gobernabilidad neoliberal y ascenso de los movimientos sociales / coordinadores... [et al.] -México: Universidad Autónoma Metropolitana
- Andrea Maritza Vivas Castaño – 2010 - Tesis- Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos grasos de origen bovino, , universidad tecnológica de Pereira , Risaralda
- Andrea Maritza vivas Castaño – 2010 - TESIS: Estudio y obtención de biodiesel a partir de residuos graso de origen bovino — Universidad tecnológica de Pereira
- Arbeláez Marín, Ángela María; Rivera Quiroz, Marcela Patricia - 2007 - Diseño conceptual de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de algunos aceites vegetales colombianos
- Atlas de la Agroenergía y los biocombustibles en las Américas- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).- 2007
- Biodiesel production from vegetable oil and waste animal fat sin a pilot plant Original Research Article Waste Management, Volume 34, Issue 11,November 2014,Pages 2146-2154
- Carlos Samuel Robalino – 2009 - TESIS: Elaboración de un Manual de Operación de un Reactor Experimental de Transesterificación para la obtención de biodiesel proveniente de Aceite Vegetal” - – Escuela Superior politécnica del Litoral - 2009
- Diego Chaverra Mendoza – Jorge Mercado Sánchez – 2011 - Evaluación financiera de una planta productora de biodiesel a partir de aceites usados de cocina – Universidad de Cartagena- Universidad de Cartagena
- Experimental investigation on the combustion, performance and pollutant emissions of biodiesel from animal fat residues on a direct injection diesel engine Original Research Article Energy, Volume 69,1 May 2014,Pages 826-836

- Fernando Acosta, paula castro, Elsa Cortijo - 2008 - Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiesel a pequeña escala, - Lima solución practica – ITDG
- Fredy Augusto Avellaneda Vargas - 2010 - TESIS: Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal - - Universidad Rovira I Virgili – Tarragona
- German Corredor Avella, 2009 - Tablero de comando para la promoción de los biocombustibles en Colombia,
- Ivana B. Banković-Ilić, Ivan J. Stojković, Olivera S. Stamenković, Vlada B. Veljkovic, Yung-Tse Hung - April 2014 - Waste animal fat as feedstocks for biodiesel production Review Article Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 32 ,Pages 238-254,
- Jennifer Parra Díaz- Juan Sebastián Rodríguez - Enero 2007- Perspectiva para la producción de biodiesel en Colombia: Elaboración de una guía practica - Universidad La Sabana,
- Jim Motavalli (5 de febrero de 2009). «Oil Goes ‘Green,’ With the Help of Some Cows». The New York Times (en inglés). Consultado el 18 de agosto de 2010.
- Manuel Antonio Montenegro – Fabio Emiro Sierra – Carlos Alberto Guerrero – 2012 - ARTICULO: Producción y caracterización de biodiesel a partir de aceite de pollo –
- Margarita Stoytcheva and Gisela Montero – Noviembre 2011 - Biodiesel - Feedstocks and Processing Technologies Edited by, ISBN 978-953-307-713-0, 470 pages, Publisher: InTech, Chapters published under CC BY 3.0 license
- Paulo André Cremonez, Michael Feroldi, Armin Feiden, Joel Gustavo Teleken, Diego José Gris, Jonathan Dieter, Eduardo de Rossi, Jhonatas Antonelli - March 2015, Current scenario and prospects of use of liquid biofuels in South America Review Article/ Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 43, Pages 352-362/
- Pedro Nel Benjumea, John Ramiro Agudelo – 2009 - Biodiesel: producción, calidad y caracterización –Universidad de Antioquia
- Preguntas y respuestas más frecuentes sobre BIOCMBUSTIBLES “, preparado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, 2007)
- Revista ¿Cuáles son los impactos sociales de la producción de biocombustibles? - El palmicultor (Bogotá). -- No. 434 Abril de 2008. - paginas. 29-30
- Revista Corporice – Los biocombustibles son buena opción para los pequeños

productores febrero 2007

- Revista del sector agropecuario – Agricultura de las Américas – año 39 – Edición 376- Junio 2008
- Revista del sector agropecuario – Agricultura de las Américas – Edición 376- Junio 2008
- Revista El palmicultor (Bogotá) ¿Cuáles son los impactos sociales de la producción de biocombustibles? -- No. 434 Abril de 2008. - paginas. 29-30
- Rodolfo Jose Larosa, R. – 2001 .Proceso para la producción de BIODIESEL. Recuperado http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie_lar/biodie_lar.htm
- Tejada Tovar1; Lesly Tejada Benítez; Angel Villabona Ortiz; Luís Monroy Rodríguez, 17 de enero de 2013 //obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal, candelaria , doi: 10.17151/luaz.2013.36.2 (Cujia y Bula, 2010. pag. 106) <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=790>
- Vivian Feddern, Embrapa Swine and Poultry -2011 - Animal Fat Wastes for Biodiesel Production, Brasil,
- 67.56 “técnicas energéticas” biodiesel, 2007, pagina 21