

**PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE LA GRASA DEL  
POLLO**

**ANGELA ANDREA ABREO GARCIA**

**CAROLINA ACOSTA BARAJAS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA – UNAB  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS  
FUENTES DE ENERGIA  
BUCARAMANGA  
2009**

**PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE LA GRASA DEL  
POLLO**

**ANGELA ANDREA ABREO GARCIA**

**COD. 100002769**

**CAROLINA ACOSTA BARAJAS**

**COD. 100002786**

**Proyecto de grado como requisito para optar al título de Ingeniero en  
Energía.**

**Asesores:**

**Ing. Maria Fernanda Gomez Galindo**

**Ing. Germán Oliveros Villamizar**

**Ing. Alexander Meneses Jacome**

**Ing. Cesar Giovanni Acevedo Arenas**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA – UNAB**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS**

**FUENTES DE ENERGIA**

**BUCARAMANGA**

**2009**

## DEDICATORIA

A Dios por ser mi fuente de inspiración, por ayudarme a seguir adelante en cada paso de mi vida, por darme esta oportunidad maravillosa de continuar el aprendizaje, poder demostrar mis capacidades y poner en práctica todo lo aprendido durante el proceso universitario.

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias papá por haberme formado con valores únicos para ser una persona ética y responsable, a pesar de que no estás conmigo en estos momentos siempre te recuerdo y te llevo como ejemplo claro de persona pujante para seguir luchando por todos los logros que quiero conseguir. Gracias mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, por tus consejos sabios que siempre me han sabido sacar adelante; aunque hemos pasado momentos difíciles siempre has estado apoyándome y brindándome todo tu amor, por todo esto te agradezco de todo corazón el que estés a mi lado.

A mis amigos más cercanos gracias por estar conmigo en todo este tiempo en donde he vivido momentos difíciles y tristes, pero son estos momentos los que nos hacen crecer y valorar las cosas que nos rodean. Gracias por ser mis amigos y recuerden que los llevo en mi corazón.

Carolina Acosta Barajas

## DEDICATORIA

Es difícil conocer cuál será nuestro destino, ya que son múltiples los factores que intervienen en él y lo más complicado es que algunos de ellos se salen totalmente de nuestro control. Por eso no hay que perder la luz y confiar en el que siempre es incondicional con nosotros y nunca nos abandona, por eso gracias papito Dios por ser siempre mi guía.

Cuando iniciamos el camino para lograr la realización personal y encontrar la felicidad, nadie dijo que era fácil. Son varias etapas por las cuales pasamos y tenemos que superar, por eso agradezco a mis padres Amparo y Luis Carlos, ellos con su inmenso amor y sacrificio hicieron de mi la mujer que soy hoy día, siempre han estado para mí en los momentos que más los he necesitado brindándome su apoyo incondicional, estos dos seres maravillosos son la razón de mi existir. A ellos gracias por sus cuidados, por sus consejos, por no dejarme desfallecer y brindarme la oportunidad de recibir Estudios Superiores, esta ha sido la mayor herencia que han podido dejarme para lograr alcanzar mi realización personal.

Para conseguir los objetivos que me he trazado fue necesario pasar por las aulas de formación académica en las cuales con la ayuda de mis maestros logré aprender, adquirir y fortalecer los conocimientos impartidos por ellos durante el proceso de aprendizaje. Por este motivo muchas gracias por su paciencia y tolerancia. En esta etapa de formación no solo recibí conocimientos sino que logré establecer lazos de amistad con personas únicas, excepcionales y maravillosas de las cuales en estos momentos solo tengo los mejores recuerdos.

Hoy finalizo una etapa de un largo camino por recorrer del cual tengo grandes expectativas y metas por llegar a alcanzar, espero no defraudar a las personas que han depositado su confianza en mis capacidades.

*Ángela Andrea Abreo García*

## AGRADECIMIENTOS

- Amleto León. Químico, MSc. Esp. Doc. Cand. PhD.
- Personal del laboratorio PSL Proanálisis.
- Dr. Germán Oliveros, Decano de la facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Cesar Acevedo, Ingeniero Electricista, M.Sc, Esp. Gerencia de recursos energéticos, Profesor asociado Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Alexander Meneses Jácome, Químico, Profesor Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Sergio Latorre, Director de proyectos Distraves S.A
- Andrés Téllez Ávila, Estudiante de la facultad de Ingenierías Físico Mecánicas y experto en artes oscuras.
- Juan Sebastián Gonzales Salcedo. Ingeniero Financiero. Universidad Autónoma de Bucaramanga.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>19</b>
<b>1. CONTEXTO PRODUCTIVO Y ECONOMICO DE LA INDUSTRIA AVICOLA EN COLOMBIA .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA COLOMBIANA .....</b>	<b>24</b>
<b>DEPARTAMENTO.....</b>	<b>26</b>
<b>1.2 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA SANTANDEREANA .....</b>	<b>27</b>
<b>2. PRODUCCION DE BIODIESEL - CONTEXTO GENERAL.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1 CONTEXTO INTERNACIONAL .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2 SITUACIÓN NACIONAL Y POLÍTICA COLOMBIANA SOBRE BIOCOMBUSTIBLES.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (FEEDSTOCKS).....</b>	<b>38</b>
2.3.1 Aceites vegetales.....	38
2.3.2 Grasas animales.....	41
2.3.3 Aceites de otras fuentes.....	43
<b>2.4 Fundamentos del proceso de obtención del biodiesel .....</b>	<b>45</b>
2.4.1 Principales variables del proceso de transesterificación:.....	47
2.4.2 Variantes del proceso industrial.....	49
<b>2.5 ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO (BIODIESEL) .....</b>	<b>52</b>
2.5.1 Presentación comercial del producto.....	52
<b>3. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE GRASA DE POLLO .....</b>	<b>55</b>
<b>4. METODOLOGIA Y RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>62</b>

4.1.1	Recolección de la materia prima.....	62
4.1.2	Caracterización y análisis de la materia prima.....	63
4.1.3	Determinación de los ácidos grasos libres y la cantidad de NaOH.....	68
4.1.4	Producción de biodiesel.....	70
4.1.5	Pruebas de calidad.....	78
<b>4.2</b>	<b>DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>79</b>
4.2.1	Pruebas de laboratorio de la materia prima.....	80
4.2.2	Determinación de los ácidos grasos libres y cantidad de NaOH.....	83
4.2.3	Producción de biodiesel.....	84
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>92</b>
<b>5.1</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>92</b>
<b>5.2</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO.....</b>	<b>98</b>
5.2.1	Análisis del Calor de combustión (Poder Calorífico).....	99
5.2.2	Análisis de la densidad a 15 °C.....	99
5.2.3	Análisis de la Gravedad API.....	100
5.2.4	Análisis del número ácido.....	101
5.2.5	Análisis del Punto de Fluidez.....	101
5.2.6	Análisis del Punto de Inflamación.....	101
5.2.7	Análisis de la Viscosidad.....	102
<b>6.</b>	<b>INGENIERIA CONCEPTUAL DE LA PLANTA.....</b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b>TIPO DE PROCESO Y METODO DE PRODUCCION.....</b>	<b>104</b>
6.1.1	Acondicionamiento de la materia prima.....	106
6.1.2	Pretratamiento de la materia prima.....	106
6.1.3	Etapa de transesterificación.....	107
6.1.4	Proceso de Decantación.....	107
6.1.5	Limpieza del biodiesel.....	108
6.1.6	Almacenamiento del biodiesel y glicerol.....	108
<b>6.2</b>	<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION.....</b>	<b>108</b>
<b>6.3</b>	<b>DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION.....</b>	<b>112</b>

<b>6.4 ANALISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>116</b>
6.4.1 Inversiones.....	117
6.4.2 Costos de operación .....	118
6.4.3 Gastos administración y ventas .....	120
6.4.4 Ingresos .....	122
6.4.5 Resultados del análisis económico .....	123
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>138</b>



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Variación del costo de producción de los cultivos energéticos .....	20
Figura 2. Producción de: concentrados (Imagen A), pollos en engorde (Imagen B), pollitos (Imagen C) y sacrificio del pollo (Imágenes D, E y F).....	28
Figura 3. Diagrama de proceso de beneficio de aves.....	29
Figura 4. Productos y subproductos del procesamiento de pollos de engorde .....	30
Figura 5. Comparación en la demanda del ACPM vs gasolina proyección al año 2020.....	36
Figura 6. Reacción de transesterificación .....	46
Figura 7. Diagrama del proceso para la obtención de biodiesel .....	47
Figura 8. Proceso de producción de biodiesel mediante la combinación de las fases esterificación/transesterificación.....	51
Figura 9. Diagrama de proceso de beneficio de aves.....	63
Figura 10. Proceso a nivel de laboratorio para la obtención de biodiesel .....	71
Figura 11. Grasa de vísceras (Imagen A) y grasa de lavado (Imagen B) .....	82
Figura 12. Diagrama de bloques del proceso tipo batch.....	105
Figura 13. Porcentajes y cantidades para la obtención de la grasa de pollo .....	109
Figura 14. Diagrama de bloque general del proceso por batch .....	112
Figura 15. Diagrama de flujo del proceso .....	116

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Distribución nacional de la producción de pollo .....	26
Tabla 2. Principales productores de biodiesel en el mundo .....	34
Tabla 3. Especies oleaginosas .....	40
Tabla 4. Composición química de grasas de origen animal y vegetal % .....	44
Tabla 5. Consumos para la producción de 1 ton de biodiesel .....	51
Tabla 6 Estándares y especificaciones de calidad del biodiesel.....	54
Tabla 7. Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en la grasa proveniente del escaldado y desplumaje.....	65
Tabla 8. Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en el aceite de vísceras provenientes del pollo .....	66
Tabla 9. Laboratorios donde se realizan las pruebas de calidad. ....	79
Tabla 10. Características de la grasa de pollo proveniente de evisceración (muestra A) .....	82
Tabla 11. Características de la grasa de pollo proveniente del escaldado y desplumaje del pollo, recolectada en la granja de DISTRAVES S.A (muestra B).....	82
Tabla 12. Variables fijas.....	85
Tabla 13. Propiedades del metanol y etanol.....	88
Tabla 14. Pruebas a nivel de laboratorio muestra A (Grasa de viseras) y C (Grasa escaldado) .....	90
Tabla 15. Cantidades básicas para la obtención de biodiesel en el laboratorio.....	91
Tabla 16. Cantidades de materia prima y reactivos utilizados a nivel industrial.....	91
Tabla 17. Características del biocombustible obtenido.....	93
Tabla 18. Resultados de las pruebas de calidad hechas en el laboratorio .....	96
Tabla 19. Resultados de las pruebas de calidad del biodiesel obtenido.....	98

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO I DESCRIPCION DEL PROCESO DE BENEFICIO DE AVES.....	138
ANEXO II LEYES SOBRE BIOCOMBUSTIBLES.....	144
ANEXO III CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE ACEITES VEGETALES Y GRASAS ANIMALES.....	166
ANEXO IV PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA OBTENCION DE BIODIESEL .....	169
ANEXO V ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL BIODIESEL .....	174
ANEXO VI PERFIL DE ACIDOS GRASOS LIBRES .....	179
ANEXO VII PRUEBAS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO .....	182
ANEXO VIII COTIZACIONES.....	183
ANEXO IX TIPOS DE LAVADO DE BIODIESEL .....	199
ANEXO X CIRCULAR PRODUCTORES DE BIOCOMBUSTIBLES .....	203

## RESUMEN

En el presente Trabajo de Grado se aplica un método de producción de biodiesel a partir de grasa de pollo dentro de las normas de calidad ASTM a nivel de laboratorio que pudiera ser competitivo en el mercado.

El proceso de producción de biodiesel a partir de grasa de pollo comprende las siguientes etapas: Caracterización de la materia prima, reacción de esterificación en medio ácido con metanol (disminución de ácidos grasos), reacción de transesterificación catalítica en medio básico con metanol, separación, lavado y secado del biodiesel.

Se realizaron diferentes pruebas en donde se varió la cantidad de catalizador empleado hasta encontrar la proporción adecuada para la conversión de los triglicéridos en metilésteres. Según los resultados obtenidos en las pruebas, la cantidad adecuada de catalizador básico es del 10% adicional a lo requerido según titulación.

El biodiesel obtenido es un biocombustible en bruto, al cual no se le practicó ningún tipo de purificación. La muestra obtenida se caracterizó mediante pruebas de calidad las cuales son: ASTM D 240 (Calor de Combustión), ASTM D4052 (Densidad a 15 °C), ASTM D4052 (Gravedad API), ASTM D 664 (Número Acido), ASTM D 97 (Punto de Fluidez), ASTM D 93 (Punto de Inflamación) y ASTM D 445 (Viscosidad a 40 °C); las cuales arrojaron resultados que muestran las características de un biocombustible óptimo para el uso industrial y automotor. En este caso dieron resultados muy cercanos a los determinados por dichas normas, exceptuando la viscosidad debido a que la materia prima tenía una viscosidad alta y que no se le practicó ningún tipo de purificación para retirar excesos de catalizador.

Se finaliza el proyecto de grado desarrollando el método de Ingeniería Conceptual de una planta a nivel industrial con capacidad aproximada de 70.000 litros mensuales. Mediante un estudio económico básico se puede concluir que el proyecto no es viable económicamente debido a que la grasa de pollo posee un alto costo de oportunidad y dicho precio es relativamente elevado dado su uso en la industria alimenticia.

## **ABSTRACT**

This project seeks to develop a method of producing biodiesel from chicken fat into ASTM quality standards in laboratory that could be competitive in the market.

The process of producing biodiesel from chicken fat comprising the following steps: characterization of the raw material, reaction by esterification with methanol in acid medium (decrease of fatty acids), catalytic transesterification reaction with methanol in basic medium, separation, washing and drying the biodiesel.

Different tests were conducted which varied in the amount of catalyst used to find the proper ratio for the conversion of triglycerides into methyl esters. According to the results obtained in the tests, the appropriate amount of basic catalyst is 10% more as required by certification.

Biodiesel is a biofuel obtained raw, which is not practiced any kind of purification. The sample obtained was characterized by quality which are: ASTM D 240 (Heat of Combustion), ASTM D4052 (Density at 15 ° C) ASTM D4052 (API gravity), ASTM D 664 (Acid Number), ASTM D 97 ( Pour Point), ASTM D 93 (Flash Point) and ASTM D 445 (viscosity at 40 ° C), which showed results that show the characteristics of an optimal biodiesel for industrial and automotive use. In this case gave results very close to those determined by these rules, except the viscosity because the raw material had a high viscosity and is not practiced any type of purification to remove excess catalyst.

To ending the draft grade develop the conceptual engineering method on an industrial scale plant with capacity of approximately 70,000 liters per month. Using a basic economic study can conclude that the project is not economically viable be-

cause the chicken fat has a high opportunity cost and this price is relatively high given their use in the food industry.

## ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

El documento muestra cada una de las etapas que fueron necesarias para el desarrollo eficaz del Trabajo de grado que comprende la obtención de Biodiesel a nivel de laboratorio. Para llevarlo a cabo con éxito, fue necesario realizar diferentes investigaciones acerca del fundamento teórico sobre los biocombustibles los diferentes métodos que existen para la producción de los mismos, posteriormente se evalúa cual de estos métodos se están llevando a cabo para la elaboración de biodiesel a partir de grasas animales con un grado de acidez elevado; de igual forma es importante conocer el proceso de producción en las plantas de beneficio avícola para determinar en que parte o partes del proceso se puede extraer la grasa de pollo necesaria para la obtención de biodiesel, una vez localizada la etapa del proceso en la cual se puede obtener la grasa se evalúa la calidad de la misma; cuando se obtienen los resultados de la caracterización se puede definir el protocolo de pruebas que se realizan en el laboratorio para la obtención del biodiesel. Terminadas las pruebas del laboratorio se selecciona el resultado mas optimo el que cumpla con la mayoría de los requisitos que se necesitan para poder ser analizado rigurosamente por medio de pruebas de calidad que identifiquen las características.

En el primer capítulo se da un enfoque con lo referente a la industria avícola en Colombia, la evolución que ha tenido la misma a través de los años y el grado de importancia que tiene en la economía del departamento, para determinar la demanda de la materia prima disponible para la producción de biodiesel. Es necesario conocer cada una de las etapas del proceso de sacrificio y beneficio del pollo debido a que es el inicio de todo el proceso que se requiere para obtener biodiesel a partir de la grasa de pollo.



En el segundo capítulo se estudia lo concerniente a la producción de biodiesel en contexto Nacional e Internacional, se detallan las cantidades producidas tanto en la Unión Europea donde se encuentran los países de mayor producción a nivel mundial de biodiesel, como en Estados Unidos y países Latinoamericanos. A nivel de Colombia se describe la evolución que han presentado los biocombustibles. Del mismo modo se describen las materias que se utilizan para la producción y se realiza una comparación entre las mismas. Seguidamente se detallan las reacciones que se llevan a cabo, los catalizadores y las variables que influyen en el proceso, al igual que los diferentes métodos de obtención de biodiesel utilizados de manera industrial. Para conocer la calidad del biodiesel que se está empleando se muestran los estándares y las especificaciones de calidad que se deben tener en cuenta para poder determinar si el biodiesel obtenido es bueno y hasta que proporción.

En el capítulo tercero se describe el estado del arte del biodiesel a partir de grasas animales, los países que lo están produciendo los métodos y las cantidades que están utilizando. Es importante en este punto conocer los alcances de las investigaciones realizadas a partir de grasa de pollo, los números de plantas que se encuentran actualmente en funcionamiento y las que se tienen en estudio.

En el capítulo cuarto se describe la metodología que se debe llevar a cabo para la obtención de biodiesel a partir de grasa de pollo, apoyados en el fundamento teórico a través de diferentes investigaciones realizadas. Se realizan las pruebas necesarias y para la obtención de los resultados de los diferentes experimentos se analizan cada una de las muestras bajo criterios de calidad para determinar cual de ellas arroja los mejores resultados.

En el capítulo quinto se analizan los resultados de las pruebas obtenidas y se describen las conclusiones de las pruebas realizadas en la obtención del biocombustible.

El sexto capítulo muestra una explicación detallada del proceso de obtención de biodiesel en un diagrama de proceso, de acuerdo a las necesidades vistas en capítulos anteriores para la obtención de biodiesel a nivel industrial.

En el capítulo siete se realiza un análisis económico en donde se detalle la viabilidad de la producción de biodiesel a partir de grasa de pollo en nuestro departamento, para concluir con el capítulo seis de las conclusiones que se obtuvieron en el proceso de desarrollo del trabajo de grado.

## INTRODUCCION

La necesidad que tiene actualmente el mundo de no depender de los combustibles provenientes del petróleo ha promovido la búsqueda de sustitutos para los derivados de este recurso. En el caso de los derivados para fines combustibles y particularmente los denominados carburantes, es manifiesto el aumento del uso de biodiesel y bioetanol como principales sustitutos de los gasóleos y las gasolinas de petróleo respectivamente, así como su producción a partir de biomasa agrícola<sup>11-12</sup>.

Paralelamente, crece la tendencia a buscar y desarrollar nuevas materias primas para obtener este tipo de “biocombustibles”, con el fin de buscar fuentes no competitivas con la biomasa vegetal para fines alimentarios<sup>13-14</sup>. Otra de las razones para buscar materias primas alternativas para producir biocombustibles, es el alto costo de las materias provenientes de los cultivos energéticos como lo indica la figura 1 y su cuestionada destinación para este fin, que entre otros tiene la capacidad de afectar de manera adversa los ecosistemas, el recurso agua y los suelos,

---

<sup>1</sup> DEMIRBAS, Ayhan. Progress and recent trends in biofuels. Progress in Energy and Combustion Science 33 (1), Selcuk University, Department of Chemical Engineering. Science Direct. Konya, Turkey. 22 August 2006. p.1-18.

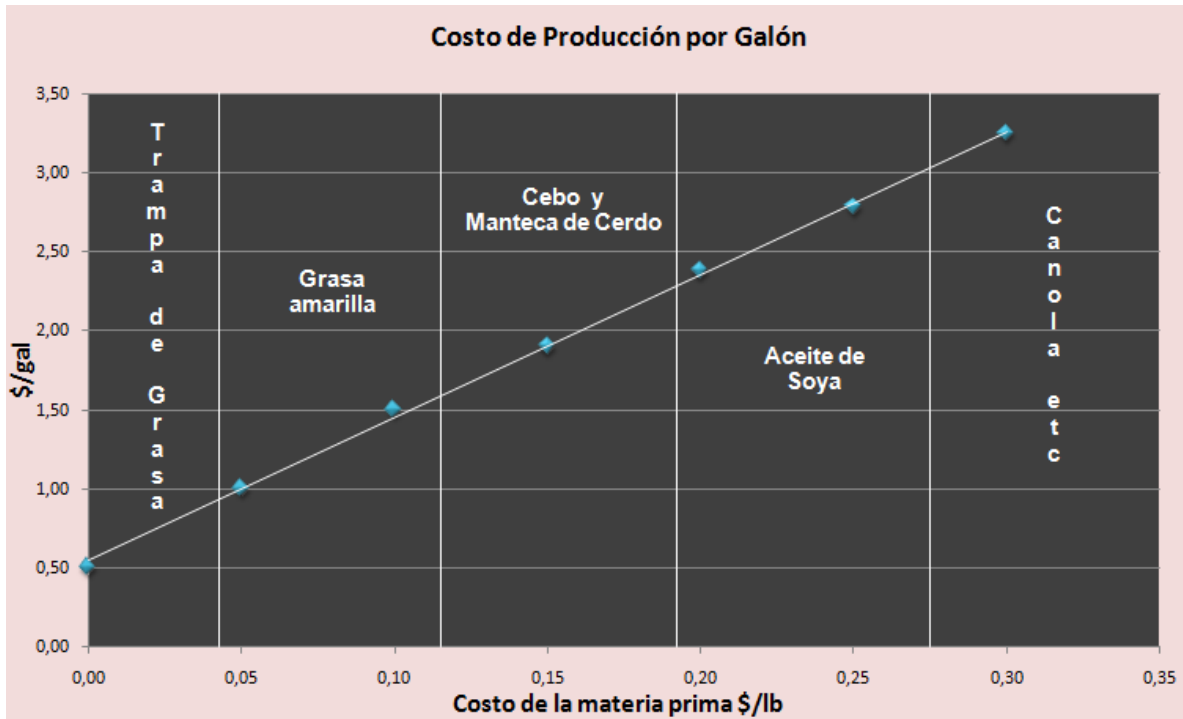
<sup>12</sup> BOEHMAN, André. L. Biodiesel production and processing. Fuel Processing Technology, Vol. 86 (10). The Pennsylvania State University. United States. Jun 2005. p.1057-1058.

<sup>13</sup> HAAS, Michael. Improving the economics of biodiesel production through the use of low value lipids as feedstocks: vegetable oil. Fuel Processing Technology, Vol. 86 (No.10). Elsevier Science. Amsterdam. Jun 2005. p.1087-1096.

<sup>14</sup> ZINOVIEV, Sergey. *et al.* Biofuel Production Technologies – Background Paper. Edited by the International Centre for Science and the High Technology and United Nations Industrial Development Organization. Italy. 2007. p. 106.

pero fundamentalmente por su potencial de competir con el uso del suelo para la producción de alimentos<sup>15</sup>.

**Figura 1.** Variación del costo de producción de los cultivos energéticos



Fuente. National Renewable Energy Laboratory

Por esta razón, varios residuos orgánicos y aceites de bajo valor comercial y alimenticio han venido siendo explorados como potenciales fuentes de biocombustibles para fines carburantes. Tal es el caso de algunas grasas animales que se generan como residuos en las industrias de procesamiento de carnes y pescado<sup>16-17</sup>. Una de ellas y quizás la que mas expectativa genera son los residuos grasos

<sup>15</sup> CASSMAN, Kenneth G. Climate Change, Biofuels, and Global Food Security. Environ. Res. Lett., 2 (1), p.011002, Mar 2007.

<sup>16</sup> HAAS, Michael. Improving the economics of biodiesel production through the use of low value lipids as feedstocks: vegetable oil. Fuel Processing Technology, Vol. 86 (No.10). Elsevier Science. Amsterdam. Jun 2005. p.1087-1096.

del procesamiento avícola, particularmente por su abundancia y los problemas que ocasionan su difícil gestión y disposición final por parte de las empresas de este sector<sup>18</sup>.

En este orden de ideas, es necesario destacar la disponibilidad de esta materia prima residual en la región y para ello es necesario resaltar la importancia que tiene la industria avícola del departamento en la economía nacional, ya que éste incide en un 0.8% en el producto interno bruto (PIB) del país, debido al gran consumo per cápita que tiene la industria del pollo y todos sus subproductos<sup>19</sup>.

Precisamente, en este proyecto se realiza un estudio exploratorio acerca de la viabilidad de procesar biodiesel, a partir de grasas residuales del procesamiento de pollos en el Departamento de Santander. Estudio que se hace necesario para esclarecer las características fisicoquímicas que sugieren su potencialidad o aquellas que pueden llegar a plantear dificultades técnico-económicas para su procesamiento como biocombustible a escala industrial.

En efecto este estudio se concentra finalmente en un análisis del posible aprovechamiento industrial de la grasa abdominal, proveniente de vísceras y mollejas, para producir biodiesel en una de las plantas de sacrificio de pollos de la empresa Distraves S.A en la ciudad de Bucaramanga (Santander – Colombia), una de las más importantes del sector a nivel regional y nacional, la cual se ha tomado como caso modelo. Esto representa *grosso modo*, un potencial de 50 a 60 toneladas

---

<sup>17</sup> BOYD, M., MURRAY-HILL, A., Schaddelee, K. 2004. Biodiesel in British Columbia. WISE Energy Co-op / Eco-Literacy. Feasibility Study Report. Canada, 2004. p.126.

<sup>18</sup> Tulsa World Staff and Wire Reports. Poultry Byproducts: Fuel for Tomorrow: Chicken fat converted to Biodiesel. Tulsa World. Feb. 4 2007 p. 5

<sup>19</sup> DANE. Producto Interno Bruto a precios constantes de 2001.

mensuales, asimilables a una expectativa de producción teórica de 5000 - 6000 litros de biodiesel.

Según la empresa brasileña Intech Engenharia & Medio Ambiente, por cada kilo de grasa se produce un litro de biodiesel y un frigorífico pequeño, que sacrifica 1.000 aves por día, puede aportar 4,3 toneladas de grasa, que rinden 4.300 litros de biodiesel<sup>20</sup>. Si se utiliza el 100% de la grasa de pollo producida en Colombia, se estarían produciendo 164.100 litros de biodiesel.

---

<sup>20</sup> Producirán biodiesel con grasa de pollo. Artículo publicado en el diario digital Admundo. Colombia: 2006



# CAPITULO I

## 1. CONTEXTO PRODUCTIVO Y ECONOMICO DE LA INDUSTRIA AVICOLA EN COLOMBIA

En el presente capitulo se da a conocer la importancia del sector avícola en Colombia, especialmente en el departamento de Santander, siendo este sector uno de los de mayor aporte al PIB departamental y nacional, debido al gran consumo nacional per cápita de pollo y sus productos y al crecimiento de las exportaciones del sector principalmente en los mercados de la región andina.

De esta manera, se trata de establecer el potencial de las materias grasas eventualmente disponibles, para producir biodiesel como un derivado de la industria avícola en esta región del país y para ello se ha tomado el caso modelo la empresa Distraves S.A, que dispone de una de las mayores plantas de sacrificio de pollo en el área de Santander y que además ha facilitado algunas materias primas para desarrollar el presente proyecto.

Antes de plantear cualquier incursión en la producción de Biodiesel a partir de grasa de pollo a escala industrial, se procede a caracterizar económica y tecnológicamente el sector, con el fin de establecer la disponibilidad real de esta materia prima y sus características.

En este orden de ideas, en este capítulo también se explica el proceso típico que se lleva a cabo para el procesamiento del pollo y todas las operaciones que se

realizan dentro de la planta de beneficio, en especial aquellas que conducen a materias grasas, que generalmente se gestionan como residuos o subproductos de bajo valor comercial, pero que tienen algún potencial para la producción de biodiesel.

## **1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA COLOMBIANA**

El desarrollo de la avicultura en Colombia, data de años los veinte a cuarenta, e inicia con la importación de varios ejemplares para reproducción. En 1950 se registró la muerte masiva de casi 12.000 millones de aves, a causa de la enfermedad del New Castle, lo cual provocó la evolución del manejo casero y artesanal a nivel de granja hacia un modelo agroindustrial<sup>21</sup>. Este proceso se fortaleció en 1983, con la creación de la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), que alberga las industrias incubadoras, de pollo, del huevo y la fabricación de concentrados.

Desde entonces la producción avícola es la actividad más dinámica de la agroeconomía nacional. Estudios de FENAVI revelan que la producción avícola registró un crecimiento de 9.2% en el 2008, pasando de 1.422 millones de toneladas a 1.552 millones de toneladas, de lo alcanzado en 2007. El sector genera cerca de 40.800 empleos directos y 78.000 indirectos, distribuidos en una compleja cadena productiva que incluye líneas tan diversas como los huevos y las carnes frías.

Al frente de este auge avícola, el Departamento de Santander mantiene un liderazgo indiscutible, siendo el segundo productor neto de pollo, el tercero en número

---

<sup>21</sup> GALVIS APONTE, Luis Armando. “La demanda de carnes en Colombia: Un análisis econométrico”. No. 13. Banco de la República. Cartagena, Enero, 2000. p. 2 - 18.



de plantas de beneficio y sobre todo, el primero en producción de pollo/cápita, con una cifra 4 veces mayor que el promedio del país (véase la tabla 1), lo que le permite manejar excedentes para exportaciones hacia Venezuela y para ventas nacionales, principalmente hacia la zona central de Colombia, a pesar de la gran productividad avícola de Cundinamarca. Sin embargo, la tendencia exportadora de este negocio en Santander enfrenta una dependencia histórica del mercado externo, en particular por el suministro de materias primas para la actividad (i. e. maíz, salsamentaria, etc.). Esto hace que el sector se afecte frecuentemente por eventos de exceso de oferta, restricciones a la exportación de insumos, contrabando y coyunturas políticas con los vecinos (Venezuela y Ecuador), factores que desestabilizan los mercados y provocan costos de producción más altos que en Estados Unidos y Brasil, principales competidores en el ámbito internacional.

**Tabla 1.** Distribución nacional de la producción de pollo

DEPARTAMENTO	PRODUCCION DE POLLO (Ton/año)	PRODUCCION PER CAPITA (Ton pollo/habitante)	No. DE PLANTAS DE BENEFICIO
Cundinamarca	188.477	0.021	18
<b>Santander</b>	<b>166.429</b>	<b>0.087</b>	<b>8</b>
Valle del cauca	89.619	0.022	11
Antioquia	63.340	0.011	4
Eje Cafetero (Quindío, Risaralda y Caldas)	40.698	0.018	6
Atlántico	35.558	0.017	2
Córdoba	12.908	0.008	1
Nariño	11.133	0.007	2
Boyacá	10.710	0.008	1
Cauca	10.273	0.008	2
Meta	7.103	0.009	2
Bolívar	5.956	0.003	1
Magdalena	3.671	0.003	2
Norte de Stder	3.535	0.003	2
<b>Otras regiones del país sin planta de beneficio</b>	28.657	0.10	0
<b>TOTAL</b>	<b>678067</b>	<b>0.3250</b>	<b>62</b>

**Fuente.** Datos tomados del Censo Avícola 2002.

En resumen la balanza comercial del sector avícola nacional es negativa y del orden de 6.207 toneladas, pues si bien se exportan hacia Venezuela y Ecuador más de 2.000 toneladas de pollitos de un día y huevos principalmente, también es cierto que se importan casi 8600 toneladas de productos, representados en huevos de

bajo costo, salsamentaría de pollo, pasta de pollo, pollo entero y pollo troceado, para cubrir la alta demanda nacional de este tipo de alimentos. No obstante, se vislumbra un sector en crecimiento, particularmente favorable a las empresas grandes y a regiones estratégicas para la exportación, por su acceso fácil a la frontera y su relativa buena infraestructura vial, tal es el caso de Santander.

## **1.2 CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA SANTANDEREANA**

El manifiesto liderazgo de Santander en cuanto a producción avícola se refiere, ha sido acompañado por la utilización de tecnología de punta, tanto en la producción de pollo como en la de huevo, fundamentalmente jalonada por tres de las principales empresas avícolas a nivel nacional, localizadas en la región: Incubadora de Santander S.A., Avidesas - McPollo y Distraves S. A.

Estas empresas tienen avanzados sistemas de sacrificio, despiece, empaque, enfriamiento y elaboración de embutidos de pollo y cuentan con altos niveles de automatización para la producción de huevos, especialmente en los sistemas de suministro de alimento en los galpones y en las operaciones de recolección y clasificación del huevo (imágenes compiladas en la figura 2).

De manera general, el proceso que se lleva a cabo en la mayoría de las plantas de beneficio de pollo en Colombia presenta la misma organización, particularmente las de mayor talla (i.e Distraves S.A, Mac Pollo, Pimpollo, entre otras). El esquema de operaciones y procesos, se sintetiza en el diagrama de bloques de la figura 3 y el detalle de la explicación de cada una de estas etapas se resume en el anexo I.

**Figura 2.** Producción de: concentrados (Imagen A), pollos en engorde (Imagen B), pollitos (Imagen C) y sacrificio del pollo (Imágenes D, E y F).



**Imagen A**



**Imagen B**



**Imagen C**



**Imagen D**



**Imagen E**



**Imagen F**

**Fuente.** Proporcionado por las Empresas: Distraves S.A y Avidesa Mac pollo de la ciudad de Bucaramanga.

**Figura 3.** Diagrama de proceso de beneficio de aves



**Fuente.** MARTINEZ COVALEDA, Hector J. *et al.* La industria de carnes frescas en Colombia (res, cerdo y pollo). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio agrocadenas Colombia. Bogotá, Colombia. Noviembre, 2005. p. 17.

A continuación la figura 4, presenta la contribución de las principales partes y órganos, con respecto al peso total en pie de un ave raza Cobb, una de las más extendidas en el país y en la región, cuyo peso promedio en vivo es de 2.200 gramos. De allí se pueden extraer las siguientes observaciones principales:

- Un pollo promedio pesa entre 2000 a 2050 gr y se observa que de la mayoría de un pollo procesado, el 83% se convierte en material comestible: Muslos completos, pechuga con piel, alas, espalda o rabadilla, pescuezo – cabeza y vísceras rojas. El sobrante está representado por plumas, sangre y vísceras blancas, de las últimas se obtiene el aceite de pollo. Estos “sobrantes” ocasionalmente son objeto de venta externa, para fabricar saborizantes artificiales y concentrados para alimento de animales.

- En promedio, el proceso genera 12 litros de agua de lavado rica en grasa por cada pollo procesado, lo cual es un indicativo de la alta carga contaminante que puede generar esta industria en términos de vertimientos. Sin embargo, no puede descartarse que la fracción grasa de las aguas residuales de la industria agrícola, pueda ser utilizada como una posible materia prima para la producción de biodiesel.

De esta forma se explica porque el presente estudio analiza la posible utilización de la grasa abdominal, proveniente de vísceras y mollejas, lo que significa un potencial de alrededor de 50 - 60 Ton mensuales, equivalentes a un potencial de biodiesel entre 5000 - 6000 litros/mes.

**Figura 4.** Productos y subproductos del procesamiento de pollos de engorde



**Fuente:** MARTINEZ COVALEDA, Hector J. *et al.* La industria de carnes frescas en Colombia (res, cerdo y pollo). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio agrocadenas Colombia. Bogotá, Colombia. Noviembre, 2005. p. 17.



# CAPITULO II

## 2. PRODUCCION DE BIODIESEL - CONTEXTO GENERAL

Los biocombustibles líquidos de uso automotor, estrictamente denominados biocarburantes, son productos obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola, que están siendo fomentados con gran esfuerzo económico y político en diferentes contextos geográficos y económicos alrededor del mundo, como sustitutos de la gasolina y del gasóleo derivados del petróleo, gracias a sus propiedades combustibles, por sus posibles ventajas ambientales comparativas con respecto a sus análogos fósiles y por la indudable decadencia de las reservas de crudo<sup>22</sup>.

En este capítulo se presenta un breve marco teórico sobre la producción de biodiesel de primera generación, es decir, del biodiesel cuya procedencia es la biomasa obtenida de cultivos energéticos, es decir, aquellos específicamente cultivados para la producción de biocombustibles. Se inicia haciendo un breve contexto de la situación colombiana en materia de biocombustibles, para luego pasar a describir las principales materias primas que pueden ser utilizadas en la fabricación de biodiesel, para finalmente tratar su proceso productivo y estándares de calidad.

De esta forma este capítulo sirve de antesala al capítulo 3, que se concentra en definir un estado del arte más específico sobre la producción de biodiesel a partir

---

<sup>22</sup> RAJAGOPAL, D.; ZIBERMAN, D. Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels, Policy Research working paper no. WPS 4341 (worldbank database) 2007/09/01, (109 p).

de grasas animales y específicamente sobre su obtención a partir de la grasa derivada del procesamiento del pollo.

## 2.1 CONTEXTO INTERNACIONAL

La Unión Europea responde actualmente por cerca del 66% de la producción total de biodiesel en el mundo, con 6.5 mil millones de litros anuales, Austria y Francia son los países más activos con un notable crecimiento del 93%<sup>23-24</sup>. Alemania como lo muestra la tabla 2 es el mayor productor de biodiesel de la E.U y alcanzó las 4.89 millones de toneladas en el año 2006<sup>25</sup>; en otro contexto Francia ha adelantado programas importantes para la producción de biodiesel vinculando empresas productoras de semillas de aceite, productores de aceites, productores de maquinaria y autoridades públicas y privadas relacionadas con la industria oleoquímica. Como resultado de este programa y la creación de incentivos fiscales sobre proyectos pilotos productores de ésteres de colza y girasol, se logró alcanzar un nivel de mezcla del 5% de biodiesel en el diesel<sup>26</sup>.

Estados Unidos produce en la actualidad cerca de 1.500 millones de litros anuales y se tiene como perspectiva que para el año 2012 la producción de biodiesel pue-

---

<sup>23</sup> Documento, Estado del arte de las tecnologías de producción del biodiesel [En línea]. p 357. CORPODIB (Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción limpia).Colombia. Enero de 2003? [Citado en abril 16 de 2007]. Disponible en internet: [www.corpobid.com](http://www.corpobid.com).

<sup>24</sup> Crece la producción de biodiesel en el mundo [En línea] Agro meat.. Argentina. 3 de marzo de 2008. [Citado en noviembre 8 de 2008] Disponible en internet: [www.agromeat.com](http://www.agromeat.com).

<sup>25</sup> Nueva Legislación Alemana sobre biocombustibles BidoeselSpain.com [En línea], Centro de debate y MarketPlace de Biocombustibles. España. Julio de 2006?. [Citado en marzo 10 de 2007] Disponible en internet: [www.bodieselspain.com](http://www.bodieselspain.com).

<sup>26</sup> Estado del arte de las tecnologías de producción del biodiesel [En línea]. p 357,358. CORPODIB (Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción limpia).Colombia. Enero de 2003?.[Citado en abril 16 de 2009] Disponible en internet: [www.corpobid.com](http://www.corpobid.com).



da alcanzar los 8.000 millones de litros<sup>27</sup>. El biodiesel en este país se vende con la misma tasa de impuestos que el diesel convencional, inclusive las personas que utilizan el biodiesel para su autoconsumo tienen que pagar impuestos federales, estatales y locales sobre el combustible que utilizan las autoridades.

En el contexto Latinoamericano Brasil es uno de los mayores productores de biodiesel, actualmente cuenta con 11 plantas de producción y 95 en fase de desarrollo<sup>28</sup>. En el año 2003 el gobierno brasileño creó el Programa de Biodiesel, dicho programa fue diseñado para proporcionar incentivos en la producción de biocarburantes a partir de aceites vegetales, el objetivo del programa es lograr la sustitución del diesel en un 5%<sup>29</sup>. Por su parte, Argentina cuenta con importantes oportunidades para producir biodiesel debido a su vocación por cultivos como la soja, el girasol, el maní, la colza, y algunos ensayos con materias primas no convencionales como los aceites usados, grasas animales y semillas de algodón<sup>30</sup>

---

<sup>27</sup> F:O:LICHT Producción mundial biodiesel crecerá un 12 pct al año. [En línea] Biodisol. Argentina. Agosto 27 de 2008. [Citado en noviembre 20 de 2008]. Disponible en: [www.biodisol.com](http://www.biodisol.com).

<sup>28</sup> Potencial del biodiesel en Brasil. [En línea]. BioDieselSpain.com. Centro de debate y MarketPlace de bio-combustibles. España. Marzo 2 de 2007. [Citado en noviembre 22 de 2008]. Disponible en: [www.biodieselspain.com](http://www.biodieselspain.com).

<sup>29</sup> SORAES, Munir Y. *et al.* The Brazilian biodiesel program. Postgraduate Program in Energy of the University of São Paulo Instituto de Eletrotécnica e Energia.. Brasil, 2007. p 3.

<sup>30</sup> Ing. Agr. LEONE, Andrés y Lic. ALMADA, Miguel. SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos).Argentina. (2006).

**Tabla 2.** Principales productores de biodiesel en el mundo

País	Año	Producción (Millones litros/año)	Insumos utilizados	Tipo de uso
Alemania	2005	1.920	Colza, girasol, y/o aceite de cocina reciclado.	Uso puro en todo tipo de vehículos
Francia	2005	511	Colza, girasol, y/o aceite de cocina reciclado.	Mezcla en el diesel: sin etiquetado para uso general (B2) y en flotas cautivas (B30). 10 a 15 millones de automóviles usan B2 en Francia.
Estados Unidos	2005	290	Más del 90% proviene de soya, el resto de grasa amarilla, otros aceites o grasas animales.	B100, B20 y B2 principalmente en flotas cautivas, pero también venta al público y uso en minas subterráneas (por motivos de salud ocupacional).
Italia	2005	227	Girasol y/o aceite de cocina reciclado.	90% del biodiesel se usa puro o mezclado con 20% de diesel fósil, para usos térmicos como calefacción. Inicios en uso para transporte, especialmente flotas cautivas.
China	2004	138	Colza, semilla de algodón, aceite de cocina reciclado.	Exportado a Hong Kong, uso principal en flotas cautivas.
República Checa	2002	63	Colza, girasol, y/o aceite de cocina reciclado.	Mezcla de diesel con 30% a 40% de biodiesel.
Austria	2005	30	Colza y/o aceite de cocina reciclado.	Mezcla de biodiesel de colza con diesel, o biodiesel puro de aceite de fritura.
España	2002	7	Girasol, aceite de cocina reciclado.	Flotas cautivas
Reino Unido	2002	5	Principalmente aceite de cocina reciclado, también colza.	Venta directa a flotas o en algunas estaciones de servicio. Promoción del B5.
Suecia	2002	3	Colza.	Flotas cautivas.
Eslovaquia	2002	1	Colza, girasol, y/o aceite de cocina reciclado.	Mezcla de diesel con 30% a 40% de biodiesel.

**Fuentes:** CASTRO, Paula; COELLO, Javier y CASTILLO, Liliana. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Ed., Soluciones Prácticas – ITDG (intermediate Technology Development Group. Perú, 2007, Serie libros no.51. p 64.

## 2.2 SITUACIÓN NACIONAL Y POLÍTICA COLOMBIANA SOBRE BIOCOMBUSTIBLES

En 2001 se promulgó la Ley 693, donde se establecen las bases de lo que sería la industria y el mercado colombiano de biocombustibles. Esta norma efectiva desde el 27 de septiembre de 2005, obliga a utilizar 10% de etanol en la gasolina<sup>31</sup>.

Posteriormente se promulgó la ley 939<sup>32</sup> de 2004 y el Proyecto de Ley 048 de 2005<sup>33</sup>. reglamentó los biocombustibles para motores diesel derivados de aceites vegetales, principalmente de aceite de palma africana. Así mismo el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió la Resolución 1289 de 2005<sup>34</sup>, que modifica la resolución 898 de 1995 introduciendo la discusión sobre los criterios de calidad de los biocombustibles a ser usados en mezcla con el diesel de origen fósil. (Ver anexo II).

Aunque la política colombiana en materia de biocombustibles, aduce estar inspirada por motivaciones ambientales y de manera particular la contribución a la reducción del cambio climático por la sustitución de carbono fósil proveniente de los

---

<sup>31</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 693 (19, septiembre, 2001). Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2001. no.44564.

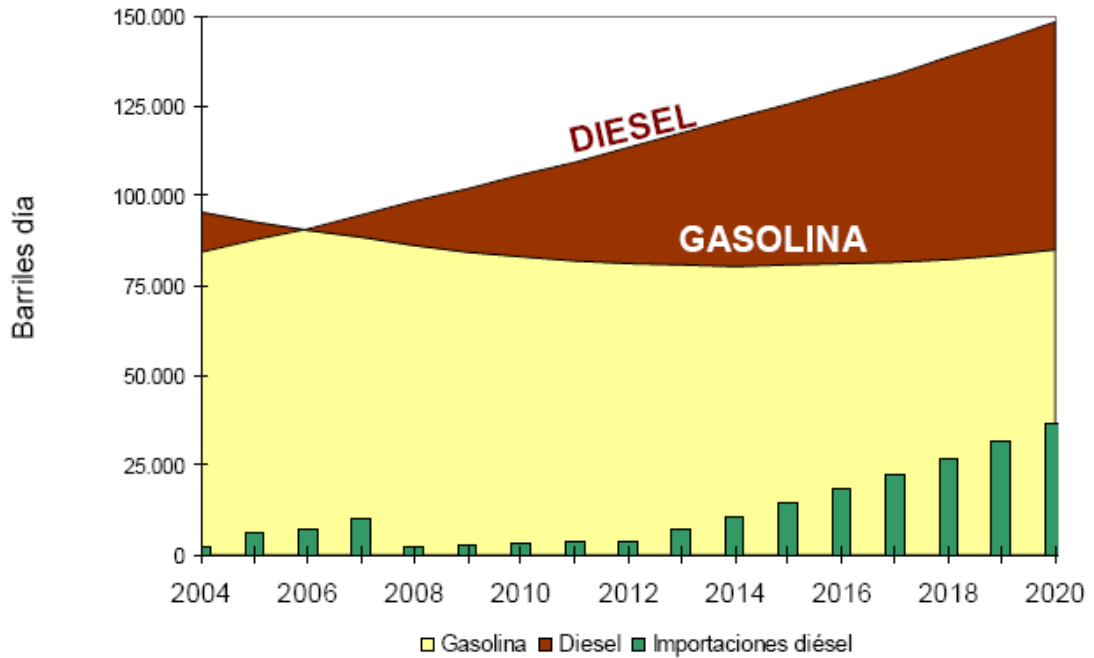
<sup>32</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 939 (21, diciembre, 2004). Por la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2004. no.45778.

<sup>33</sup> COLOMBIA. CAMARA DE REPRESENTANTES. Proyecto de ley 048 (26, abril, 2005). Por la cual se expiden normas sobre biocombustibles renovables y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: La Cámara, 2006.

<sup>34</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTA, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 1289 (7, septiembre, 2005) Por la cual se modifica la resolución 898 de 1995. Bogotá D.C.: Ministerio, 2005.

combustibles derivados del petróleo, existen al menos otros tres elementos económicos y estratégicos que justifica mejor la implantación de esta política.

**Figura 5.** Comparación en la demanda del ACPM vs gasolina proyección al año 2020



**Fuente:** RUEDA ZARATE, Alejandro. La agroindustria de la palma de aceite y el programa nacional de biodiesel "Producción y comercialización de biodiesel en la Costa Atlántica", Primer Foro Agroindustrial "Biocombustibles: Una Visión hacia el futuro". Fedepalma. Colombia, 2007. p. 25.

En primer lugar, la dramática reducción de las reservas colombianas de crudo y los resultados poco alentadores en materia de exploración. En segundo lugar, la inclinación nacional a incrementar la demanda de diesel (ACPM) en detrimento de la de gasolina (ver figura 5). Y finalmente, la necesidad de recuperar tierras y uso de suelos, afectados por el conflicto interno.

De esta manera, se sustenta la incursión progresiva del bioetanol y del biodiesel como substitutos parciales de la gasolina y del ACPM en las mezclas carburantes, de acuerdo a lineamientos muy bien establecidos por la legislación colombiana y

en consideración de la capacidad de producción de estos productos y de las limitaciones tecnológicas del parque automotor colombiano.

Aunque el bioetanol puede ser elaborado a través de la fermentación de diversos productos de origen vegetal o material orgánico residual con alto contenido en azúcares, carbohidratos y dextrinas, su producción en Colombia es casi exclusiva a partir de las mieles y melazas derivadas de la caña de azúcar, estimulando este cultivo para fines energéticos. Actualmente, se encuentran cultivadas cerca de 200.000 Ha<sup>35</sup> y hay en operación cinco destilerías con capacidades de producción entre los 150.000 - 300.000 litros/día de bioetanol a partir de caña de azúcar. Esta capacidad permite que 75% de la gasolina que se consume en el país, contenga el 10% de etanol requerido por la ley de biocombustibles.

Retomando el tema del biodiesel, es necesario indicar que en Colombia, este producto se obtiene exclusivamente del aceite de la palma africana, aunque se han explorado materias vegetales alternativas, principalmente los aceites de higuera, jatropha, ricino y otras oleaginosas, así como aceites de cocina usados y grasas animales, pero con desarrollos incipientes. Esto se explica, por la fortaleza tecnológica y económica de un sector “preconstituido” y de larga tradición como el palmicultor y por el gran apoyo gubernamental al desarrollo de un cultivo extensivo como la palma africana, de carácter doble propósito (energético- alimentario) capaz de estimular mayor número de puestos de trabajo agrícola.

De acuerdo con Fedepalma, las perspectivas de crecimiento del área sembrada indican que en el año 2010 existirán en el país 341.000 hectáreas cultivadas con palma de aceite; 503.000 hectáreas en 2015 y 743.000 hectáreas en 2020, con

---

<sup>35</sup> KAFAROV, Viatcheslav, *et al.* Diseño de producción conjunta biodiesel – bioetanol. Editado por la Universidad Industrial de Santander (UIS). Revista Energía y Computación Vol. 15 No. 1. Colombia, Junio de 2007 p. 10.

niveles de producción entre 3 y 5,5 ton de aceite crudo/hectárea cultivada<sup>36</sup> De esta forma se espera no solo cumplir satisfactoriamente con el objetivo de reemplazar hasta 5% de la mezcla motor de diesel por biodiesel (B5), sino generar algunos excedentes para exportación o para incrementar el grado de mezcla (i. e. B10 o B15) en la medida que el parque automotor sea actualizado para aceptar este grado de mezcla carburante.

## **2.3 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL (FEEDSTOCKS)**

### **2.3.1 ACEITES VEGETALES.**

Las materias primas utilizadas convencionalmente en la producción de biodiesel alrededor del mundo, han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza (Europa), la soja (Estados Unidos) y el coco (Filipinas); y los aceites de frutos oleaginosos como la palma (Malasia, Indonesia, Brasil y Colombia), ricos en ácidos grasos de cadena larga y triglicéridos, que mediante procesos de transesterificación se transforman en ésteres de metilo, base del biodiesel<sup>37</sup>.

Por razones climatológicas, la colza (*Brassica napus*) se produce principalmente en el norte de Europa y el girasol (*Helianthus annuus*) en los países mediterráneos del sur, como España o Italia, mientras que en los países tropicales, la actividad

---

<sup>36</sup> Ibid., p. 10 y 11.

<sup>37</sup> GARCIA CAMÚS, Juan Manuel y GARCÍA LABORDA, José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Rius y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.36 y 37.

fotosintética, el clima y los suelos son favorables al rendimiento de la palma africana (*Elaeis guineensis*).

El mercado de los aceites vegetales tiende al alza desde hace varios años. La tabla 3 resume la producción agrícola y el rendimiento de aceite que se obtiene de diferentes plantas oleaginosas, lo cual permite observar las ventajas comparativas de la palma de aceite como materia prima para producir biodiesel a gran escala. Alemania con una producción de aproximadamente 1890 millones de litros, concentra cerca del 70% de la producción de biodiesel en la Unión Europea, región que aporta el 75% de la producción mundial. Para el año 2010 la producción estimada de biodiesel debe ascender a 16,73Mt, siendo los principales productores en su orden Estados Unidos (2,4 Mt), Alemania (2 Mt), Francia (1,94Mt), Brasil (1,85 Mt) y Argentina (1,2Mt)<sup>38</sup>.

---

<sup>38</sup> MIGUEZ, Fernando E. Biocombustibles. UCA (Facultad de Ciencias Agrarias) Energy Biosciences Institut, University of Illinois, EE.UU, Argentina., 2007.

**Tabla 3. Especies oleaginosas**

Nombres de las oleaginosas		Prod. Agrícola	Prod. Aceite	Aceite
Español	Científico	t/ha	Litro/ha	%
Ajonjolí	Sesamun indicus	0,8	490-700	38-4
Girasol	Heliantus annus	1,5-2,0	700-1100	39-48
Higuerilla	Ricinos comunis	0,6-2,5	620-1200	42-45
Maní	Arachis hipogaea	1,4-2,5	700-1000	39-48
<b>Palma aceitera</b>	<b>Elaeis guineensis</b>	<b>10-22</b>	<b>3000-5900</b>	<b>18-26</b>
Soya	Glycine max	1,5-3,0	350-520	17-19
Colza/Canola	Brassica napus	1,7-2,0	690-1100	37-46
Algodón	Gossypium hirsutum	1,7-3,0	270-450	16-18
Arroz	Oriza sativa	6,0-10	700-900	18-21
Piñón	Jatropha curcas	1,0-5,0	950-1680	24-26
Coco (Copra)	Cocos nucifera	1,0-5,0	2100-2510	52-60
Aguacate	Persea americana	6,0-9,0	2200-2800	10-30
Oliva	Olea europaea	2,0-12	1200-1400	12-30

**Fuentes:** RIVEIRO GALLO, Waldyr Luiz. Perspectivas para el biodiesel en Centroamérica: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras. Capítulo 1 El biodiesel y sus características técnicas. Publicado por: Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. México D.F, agosto 7 de 2007.

En general, puede asimilarse que los aceites vegetales vírgenes con proporciones altas de ácidos grasos insaturados, como el aceite de girasol, conducen a la obtención de biodiesel con buenas características operacionales a bajas temperaturas, pero de pobre lubricidad y baja estabilidad a la oxidación durante su almacenamiento, debido a la presencia de enlaces dobles en la estructura.

Por este motivo, el biodiesel comercial es el resultado de procesos de refinamiento y de la elaboración de mezclas muy bien logradas de aceites de diversos orígenes o con mezclas de diesel fósil. Se trata en principio de partir de aceites que provean un adecuado equilibrio de ácidos grasos insaturados como el oleico y el linoléico



para proporcionar una buena operación a bajas temperaturas, con ácidos saturados de cadena larga (14 – 18 carbonos) como el palmítico, para asegurar buenas propiedades fluídicas y viscosas y mejorar la resistencia a la oxidación espontánea.

En efecto, gran parte del éxito en la producción de un biodiesel de buena calidad parte de una adecuada selección de las materias primas y para ello generalmente se recurre a determinar por cromatografía de masas el perfil de ácidos grasos, es decir, se debe identificar y cuantificar todos y cada uno de los ácidos grasos que se encuentran presentes en la materia prima, generalmente un aceite vegetal virgen.

Esto explica por ejemplo, las bondades del aceite de palma o el de girasol como base de biodiesel, dado su alta y equilibrada concentración de ácido palmítico (saturado) y de los ácidos oleico y linoleico (insaturados), como lo presenta la caracterización extraída de la literatura de la Federación Nacional de Cultivadores de palma de Aceite (FEDEPALMA)<sup>39</sup> y de la Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)<sup>40</sup> compilada en la tabla 4.

### **2.3.2 GRASAS ANIMALES.**

Además de los aceites vegetales, las grasas animales también pueden utilizarse como materia prima para obtener metil-ésteres (biodiesel) por transesterificación.

---

<sup>39</sup> Agroindustria de la palma de aceite. [En línea]. Fedepalma - Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Colombia, 2008. [Citado en mayo 5 de 2007]. Disponible en internet: [www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org).

<sup>40</sup> Tablas FEDNA 2003 [En línea]. FEDNA - Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal (II ed.). España, 2003. [Citado en mayo 5 de 2007]. Disponible en internet: [www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasa\\_pollo.htm](http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasa_pollo.htm)

Dentro de estas se incluyen la grasa de pollo, la manteca de cerdo, aceite de pescado, el sebo, entre otras.

La tabla 4 reporta el índice de yodo<sup>41</sup> y los principales ácidos grasos presentes en diferentes aceites y grasas de origen vegetal y animal, permitiendo una primera comparación entre materias primas convencionales para producción de biodiesel como (i.e. aceite de palma, de girasol, de colza) y materias primas alternativas como la que concierne el presente estudio, la grasa de pollo.

Se puede observar cómo tanto el aceite de palma, como la grasa de pollo presentan alto contenido de ácidos grasos insaturados 50% y 67,2% respectivamente, mayoritariamente atribuibles al ácido oleico, presente en aproximadamente 40% en ambos casos. La cantidad de ácido linoleico en la grasa de pollo es de 20,5%, mientras que en la del aceite de palma es de 9,7% por tal motivo la grasa de pollo es menos estable químicamente y tiene un mayor índice de yodo.

Puede decirse a priori, que el mayor equilibrio entre ácidos grasos saturados e insaturados en la palma de aceite explica su mejor disposición para fabricar biodiesel, pero no desconoce el potencial relativo de la grasa de pollo para tal fin. Sin embargo, hay que acotar que el bajo costo de la grasa de pollo, generalmente considerada y manejada como un residuo del procesamiento de aves, le asegura un atractivo económico con respecto a las materias primas provenientes de cultivos energéticos, de mayor costo y fuertemente cuestionadas por su posible competición con la provisión de alimentos.

---

<sup>41</sup> Índice Iodo: Es un indicativo indirecto de la cantidad de Ácidos Grasos insaturados presentes en un aceite o en una grasa. No debe confundirse con el índice de acidez, indicativo de la concentración de ácidos grasos libres (AGL), es decir aquellos ácidos grasos que tienen un grupo ácido pero que no están unidos a un alcohol. Generalmente, en un aceite vegetal la mayor parte de los ácidos grasos están unidos al glicerol formando triglicéridos y por lo tanto no se encuentran libres, pero una fracción de ellos tiende a ser desprendido formando AGL (diglicéridos, monoglicéridos) y glicerina libre.

En el anexo III, se resumen las principales características fisicoquímicas de algunos aceites o grasas animales y una visión general de las principales características de los aceites y sus implicancias para la producción de biodiesel y su calidad.

### **2.3.3 ACEITES DE OTRAS FUENTES.**

El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata y con su utilización se evitan los costos de gestión como residuo<sup>42</sup>.

Otra alternativa tecnológica es la producción de lípidos de composiciones similares a los aceites vegetales, mediante procesos enzimáticos-microbianos, a partir de microalgas, bacterias y hongos.

Otra tendencia tecnológica que esta venido ganando terreno a nivel de investigación y de la que ya se han realizado pruebas en campo, es la modificación genética de algunos de los cultivos energéticos tradicionales, como el girasol para mejorar la relación de ácidos grasos saturados a insaturados. De esta forma ha sido posible obtener un aceite virgen de girasol denominado de “alto oleico”<sup>43</sup>.

---

<sup>42</sup> I Seminario – Taller Biocombustibles Biodiesel – Bioetanol, Organizado por: Revista Virtual PRO Procesos Industriales. Editorial: VIRTUALPRO®. p. 8. Bogotá – Colombia, 2007.

<sup>43</sup> GARCIA CAMÚS, Op. Cit., p.35 - 38.

**Tabla 4.** Composición química de grasas de origen animal y vegetal %

GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Composición Química %					GRASAS DE ORIGEN VEGETAL Composición Química %			
Perfil Ac. Grasos (% Grasa verdadera)		SEBO	MANTECA	GRASA MEZCLA*	POLLO	ACEITE DE PALMA	ACEITE DE GIRASOL	ACEITE DE SOJA
<b>SATURADOS</b>		<b>49.3</b>	<b>38.3</b>	<b>40.6</b>	<b>29,1</b>	<b>48,3</b>	<b>37</b>	<b>15</b>
Mirístico	C14:0	3,2	1,6	2,1	1,0	1,0	6	0,1
Palmitico	C16:0	24,8	23,4	23,5	21,0	42,5	5	10.5
Estearico	C18:0	21,3	13,3	15,0	7,1	4,8	26	4.5
<b>MONOINSAT</b>		<b>41.5</b>	<b>45.5</b>	<b>46.1</b>	<b>46,4</b>	<b>40,1</b>	<b>27</b>	<b>25.5</b>
Palmitoleico	C16:1	3,2	3,1	3,6	5,4	tr.	<4	tr
Oleico	C18:1	38,3	42,4	42,5	41,0	40,1	23	25.5
<b>POLINSAT.</b>		<b>2.0</b>	<b>13.1</b>	<b>10.5</b>	<b>22,1</b>	<b>9,7</b>	<b>65.8</b>	<b>62.6</b>
Linoleico	C18:2	2,0	10,5	>7,5	20,5	9,7	<65	54
Linolénico	C18:3	tr.	1,0	1,0	1,6	tr.	0,3	7.5
Otros	C <sub>&gt;=20</sub>	tr.	1,6	<2,0	1,8	tr.	1.1	1.1
<b>Características</b>								
Índice Iodo		45	62	>55	77	52	132	130
Título		46	39	<45	32	42	18	21
Ind. Saponificación		198	197	197	197	200	191	192
Saturad./Insaturad.		1,32	0,57	0,69	0,45	0,96	0.14	0.40

\* **Grasa Mezcla:** Son grasas de origen animal, sebos y mantecas importadas.

**Fuentes:** **Compilación de la información de la** Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) 2003. España y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de aceite (FEDEPALMA).

## 2.4 Fundamentos del proceso de obtención del biodiesel

En resumen, el biodiesel es un combustible que se produce a partir de aceites vegetales derivados de la palma de aceite, la soya, la higuera, la colza, el girasol, entre otras oleaginosas, de grasas animales o de residuos como los aceites de cocina usados, materias ricas en triglicéridos que involucran 3 ácidos grasos de cadena larga (15 a 23 carbonos) y ácidos grasos libres, que se transforman a través de una reacción química de trans-esterificación en esteres de metilo o de etilo (figura 6). Los esteres de metilo son sustancias que tienen características carburantes asimilables a las del diesel de petróleo y por consiguiente son la base del biodiesel<sup>44</sup>.

Cuando la materia prima contiene al menos 3% de ácidos grasos libres, se realiza previamente a la reacción de transesterificación un pretratamiento de la misma mediante un proceso de esterificación, en el cual se utiliza un ácido como catalizador combinándose ya sea con el aceite o grasa según sea el caso en presencia de metanol como reactivo.

La transesterificación consiste en combinar, el aceite virgen (con o sin previo pretratamiento) con un alcohol de bajo peso molecular, normalmente metanol en una relación molar de alcohol a triglicérido de 3 a 1, en la presencia de un catalizador y ligero exceso de metanol, dando como productos el metilester (base del biodiesel) y glicerina (glicerol), en una proporción másica de metilester a glicerina de aproximadamente 9 a 1.

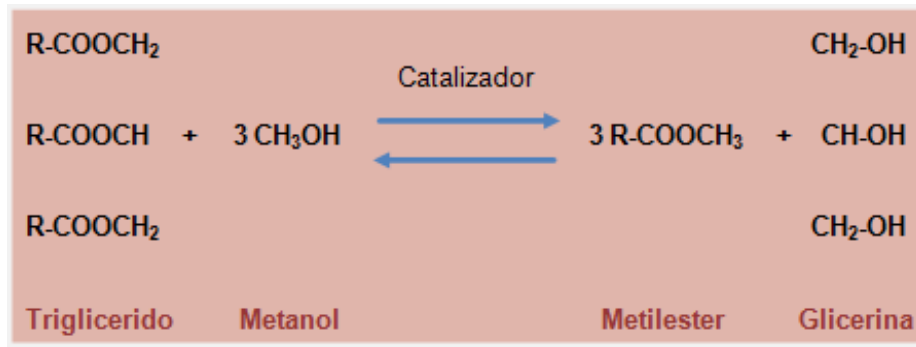
La reacción bien conducida alcanza conversiones cercanas al 100%. Por su parte, la glicerina puede ser aprovechada por la industria cosmética, farmacéutica y ali-

---

<sup>44</sup> Definición técnica del biodiesel, ASTM (American Society for Testing and Materials).

mentaria, pero en circunstancias de sobreoferta de este subproducto y producción a pequeña escala, esta se convierte en un residuo de difícil disposición final<sup>45-46</sup>.

**Figura 6.** Reacción de transesterificación



**Fuente:** José Aracil Mira, Proceso UCM de Producción de Biodiesel Materias Primas Alternativas, Laboratorio de Procesos Químicos y Bioquímicos Integrados, España.

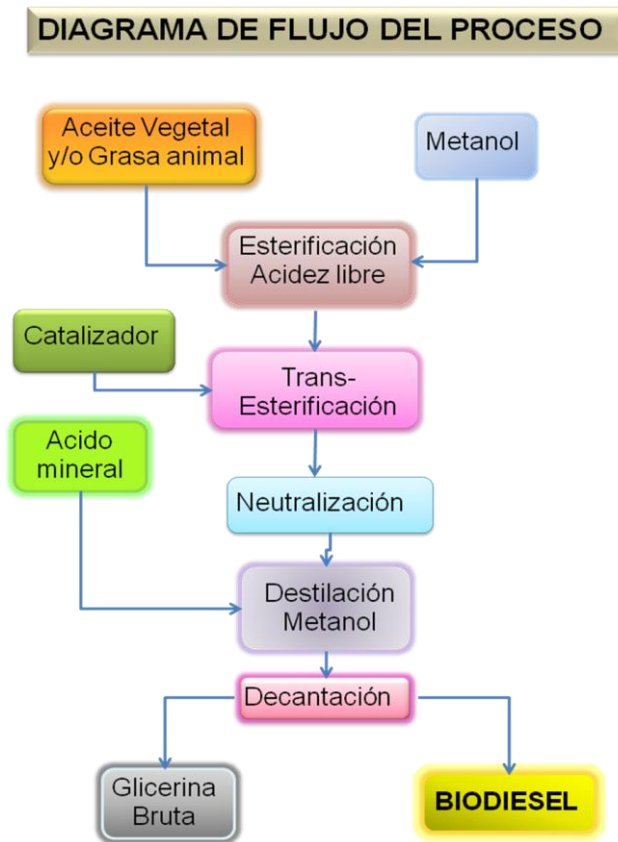
En la figura 7 se observa un diagrama de bloques del proceso más general de producción del biodiesel, para procesar incluso materias primas (aceites o grasas) que contienen una apreciable cantidad de acidez libre<sup>47</sup>

<sup>45</sup> AMADO G., Eliseo; VILLAMIZAR, Álvaro; GAFARO, Alexis. Evaluación del proceso de producción de biodiesel a partir de grasas amarillas con altos contenidos de ácidos grasos libres, Bisuta: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, Colombia, 2005.

<sup>46</sup> HERVÉ LAMOUREUX, Jérôme. Diseño conceptual de una planta de biodiesel. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico. Santiago de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica. 2007. p. 44 – 45.

<sup>47</sup> Ibid., p. 40 y 41.

**Figura 7.** Diagrama del proceso para la obtención de biodiesel



Fuente: Kirk Othmer – Chemical Technology Enciclopedy

## 2.4.1 PRINCIPALES VARIABLES DEL PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN<sup>48</sup>:

### 2.4.1.1 Catalizador.

Este permite mejorar la velocidad y el rendimiento final de la reacción de transesterificación. Los catalizadores pueden ser ácidos homogéneos ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,

---

<sup>48</sup> I Seminario – Taller Biocombustibles Biodiesel – Bioetanol, Organizado por: Revista Virtual PRO Procesos Industriales. Editorial: VIRTUALPRO®. p. 8. Bogotá – Colombia, 2007.

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, RSO<sub>3</sub>), ácidos heterogéneos (Zeolitas, Resinas Sulfónicas, SO<sub>4</sub>/ZrO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>/ZrO<sub>2</sub>), básicos heterogéneos (MgO, CaO, Na/NaOH/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), básicos homogéneos (KOH, NaOH) o enzimáticos (Lipasas producidas por los microorganismos del tipo Candida, Penicillium o Pseudomonas)<sup>49</sup>.

En la reacción de esterificación se pueden utilizar catalizadores ácidos, preferiblemente sulfúricos y sulfónicos. Estos catalizadores producen rendimientos muy altos en ésteres alquílicos aunque las reacciones se realizan de manera lenta.

La opción más utilizada en procesos de transesterificación a escala industrial son los catalizadores básicos homogéneos (KOH, NaOH) importantes en la reducción de los AGL (reacción de esterificación). Sin embargo, el uso de estos catalizadores implica que los glicéridos y el alcohol deben ser anhidros (<0,06 % v/v) para evitar que se produzcan reacciones de saponificación. Además, el aceite virgen debe tener una baja proporción de ácidos grasos libres (AGL = FFA: Free Fatty Acids) para evitar que se neutralice el catalizador y se inhiba la reacción.

#### **2.4.1.2 Acidez y humedad.**

La acidez en los triglicéridos debe ser mínima (menor del 3%) para que la transesterificación pueda llevarse a cabo en una sola etapa de lo contrario es necesario una reacción adicional de esterificación. Con lo referente a la humedad el hidróxido y metóxido de sodio deben mantener un grado de humedad bajo, por esta razón durante su transporte y almacenamiento debe procurarse un mínimo contacto con la humedad del aire debido a que la soda puede absorber dióxido de carbono CO<sub>2</sub> volviéndose carbonatada.

---

<sup>49</sup> F.O:LICHT Producción mundial biodiesel crecerá un 12 pct al año. [En línea] Biodisol. Argentina. Agosto 27 de 2008. [Citado en noviembre 20 de 2008] Disponible en: [www.biodisol.com](http://www.biodisol.com).



#### **2.4.1.3 Relación molar de alcohol / aceite y tipo de alcohol.**

Para una conversión máxima se debe utilizar una relación molar de 6:1, ya que si se tiene un valor alto de relación molar de alcohol afecta la separación de glicerina debido al incremento de solubilidad. Cuando la glicerina se mantiene en la solución hace que la reacción se revierta, disminuyendo el rendimiento de los esteres. El etanol y el metanol no se disuelven con los triglicéridos a temperatura ambiente y la mezcla debe ser agitada mecánicamente para que haya transferencia de masa.

#### **2.4.1.4 Efecto del tiempo y la temperatura de reacción.**

Las reacciones se pueden producir a diferentes temperaturas, dependiendo de la materia prima utilizada y de la reacción que se esté empleando (esterificación o transesterificación). En el caso de aceite refinado con metanol (6:1) al 1% NaOH, la formación del ester y los rendimientos son menores en temperaturas bajas que en temperaturas elevadas.

### **2.4.2 VARIANTES DEL PROCESO INDUSTRIAL.**

Existen diferentes métodos para la elaboración de biodiesel, tanto continuos como discontinuos (por batch o lotes), algunos que se realizan en una etapa de transesterificación simple y otros que utilizan la combinación de esterificación – transesterificación, en dos etapas de reacción (ver anexo IV). Actualmente se encuentra en etapa de investigación y desarrollo, el proceso de transesterificación en condiciones supercríticas del medio reaccionante. En el caso colombiano, las empresas procesadoras de biodiesel utilizan predominantemente los procesos batch

o discontinuos, con flexibilidad para tratar materias primas con diversos contenidos de AGL en la materia prima, es decir, que pueden obviar la fase de esterificación previa.

El proceso más simple de producción de biodiesel es el proceso discontinuo. Este utiliza reactores con agitación cargados periódicamente con cargas bien definidas de materia prima, que son esterificadas o transesterificadas para luego ser refinadas y dar origen al biodiesel. El reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. La temperatura de operación más común es 65°C, aunque esta puede variarse entre 25°C y 85°C.

El catalizador más utilizado en este proceso es el NaOH, aunque también se puede utilizar el KOH, en rangos del 0,3% al 1,5%. Es necesario tener una agitación rápida para obtener una correcta mezcla en el reactor. Cuando la reacción va llegando a su fin, la agitación debe ser menor para permitir la separación del glicerol de la fase metil-éster (biodiesel bruto).

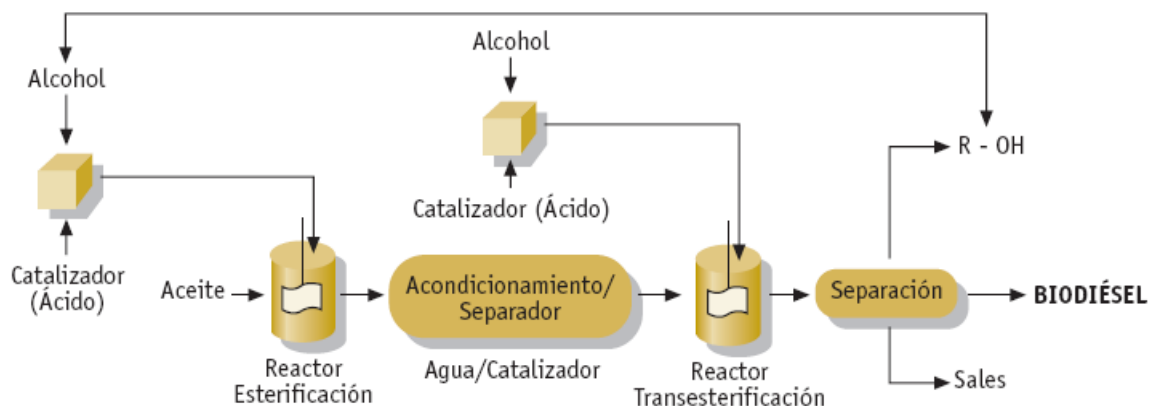
En la tabla 5 se presentan a título indicativo los consumos aproximados y los subproductos derivados durante la producción de 1 ton de biodiesel en un proceso típico de obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales y donde se utiliza una sola etapa de trans-esterificación. Sin embargo, hay que decir que en el caso de la producción de biodiesel a partir de grasa de pollo, por su alto contenido de ácidos grasos libres es muy probable que el proceso requiera de una esterificación seguida de trans-esterificación, como se muestra en la figura 8.

**Tabla 5.** Consumos para la producción de 1 ton de biodiesel

ITEM	CONSUMO
<b>MATERIAS PRIMAS Y DERIVADOS</b>	
Aceite vegetal refinado	1030 Kg.
Metanol	102 Kg.
Catalizador (metilato de sodio)	6,2 Kg.
Ácido mineral	6 kg
Glicerina bruta	112 Kg. (título: 85% min)
<b>SERVICIOS</b>	
Agua enfriamiento	20 m3
Vapor de agua(a 4 bar)	350 Kg.
Energía eléctrica	50 Kwh.
Nitrógeno	3,2 N m <sup>3</sup>
Aire instrumentos	4,8 N m <sup>3</sup>

Fuente: Ing Rodolfo Jose Larosa<sup>50</sup>, 2005

**Figura 8.** Proceso de producción de biodiesel mediante la combinación de las fases esterificación/transesterificación.



Fuente. GARCIA CAMÚS Juan Manuel y GARCÍA LABORDA José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por José de la Sota Rius y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.53.

<sup>50</sup> Ingeniero químico. Desarrolla actividades como consultor sobre tecnologías de proceso en el campo de la química fina.

## **2.5 ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO (BIODIESEL)**

Las propiedades del biodiesel dependen del proceso de fabricación, pero principalmente de la naturaleza de la materia prima de partida. Sin embargo, para su uso comercial, todo biodiesel debe ajustarse a las mismas normas de calidad independientemente de la materia de la cual es obtenido. El biodiesel en función de la naturaleza de la fuente, animal o vegetal, proporcionará unas características particulares al nuevo combustible:

### **2.5.1 PRESENTACIÓN COMERCIAL DEL PRODUCTO.**

Los metilésteres poseen muchas características físicas y físico-químicas asimilables a las del gasóleo, con el que pueden mezclarse en cualquier proporción y utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir grandes modificaciones en el diseño básico del motor. A diferencia del etanol, las mezclas con biodiesel no modifican significativamente las principales propiedades físicas y fisicoquímicas del gasóleo, tales como su poder calorífico o el índice de cetano.

La ASTM y la Union Europea han especificado distintas pruebas que se deben realizar a los combustibles para asegurar su correcto funcionamiento. El biodiésel necesita disponer de unas especificaciones que denoten las propiedades como gasóleo y garanticen la calidad de producto. En efecto, la normativa técnica que dicta las especificaciones técnicas de los biocombustibles en Colombia, es el resultado de la fusión de normativas americanas ASTM y europeas EN, que poco a poco se van asimilando a un sistema de estándares nacionales ISO, las cuales ha sido acopladas a las necesidades Colombianas en las normas ICONTEC.

En la tabla 6 se enumeran las especificaciones establecidas en el marco regulatorio de Colombia por la resolución 1289 de 2005 (Ministerios del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Minas y Energía). En estas se establecen los requisitos técnicos y ambientales para el uso de biodiesel. Desarrollada por la Mesa Nacional de Biocombustibles – Comité de Calidad.

En el anexo V se da la definición de todas y cada una de las propiedades citadas en la tabla precedente, pero debe decirse que de todas ellas se presta especial atención al punto de inflamación, la viscosidad, número de cetano, punto de nube y poder calorífico.

**Tabla 6** Estándares y especificaciones de calidad del biodiesel

PARÁMETRO	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN Vigencia (Enero 1º de 2008)	NORMAS AMERICANAS	NORMAS EUROPEAS
Densidad a 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	860 – 900	ASTM D 4052 ASTM D 1298 ASTM D 287	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Número de cetano	Cetanos	47 mínimo	ASTM D 613 ISO 5165	EN ISO 5165
Índice de cetano	Cetanos	49 mínimo	ISO 4264	EN ISO 4264
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9 – 5,0	ASTM D 445 ISO 3104	EN ISO 3104
Agua y sedimentos	% en volumen	0,05 máximo	ASTM D 1796 ASTM D 2709	----
Estabilidad a la oxidación	mg/100 ml	Reportar	ASTM D 2274	EN 14112
Número ácido	mg de KOH/g	0,8 máximo	ASTM D 974; ASTM D 664 ISO 6618	EN ISO 5165
Temperatura de obturación del filtro frío (CFPP)	°C	Reportar	ASTM D 6371	EN 116
Punto de nube / enturbiamiento	°C	Reportar	ASTM D 2500 ISO 3015	----
Punto de fluidez	°C	3	ASTM D 97 ASTM D 5949	----
Punto de Inflamación	°C	120	ASTM D93	ISO 3679
Glicerina libre y total	% en masa	0,02/0,25	ASTM D 6585 ASTM D6584	EN 14105 EN 14106
Poder calorífico bruto y neto	MJ/kg	Reportar	ASTM D 240	----
Contenido de metanol o etanol	% en masa	0,02 máximo	ASTM D 4815 ISO 14110	EN 14110
Contenido de éster	% en masa	96,5 mínimo	----	EN 14103
Índice de yodo		120 máximo	----	EN 14111

**Fuentes:** Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2005. Conferencia dictada por la Ing. Larissa Chiman, Técnicas analíticas para la caracterización de biocombustibles, Diplomado Internacional en Mercado, Ciencia y Tecnología de los Biocombustibles, UNAB, Colombia, 2008.



# CAPITULO III

## 3. ESTADO DEL ARTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE GRASA DE POLLO

Antes de proceder con los aspectos metodológicos y experimentales del presente estudio, es importante y en realidad fundamental documentar los esfuerzos de Investigación y desarrollo, así como algunas aplicaciones industriales para la elaboración de biodiesel a partir de grasa de pollo y otras grasas animales.

En efecto, en la sección 2.2.2 se anticipa de cierta manera, la necesidad de recurrir a estas materias primas y se describen algunos pros y contras de las mismas, sin embargo, con el fin de aportar elementos de análisis al presente estudio, a continuación se refieren algunas experiencias a escala piloto e industrial en el procesamiento de biodiesel a partir de grasas animales y en particular con grasa de pollo.

En el 2005 estudiantes del Instituto Politécnico Nacional (México) desarrollaron un proceso químico para obtener Biodiesel a partir de sebos animales (res, cerdo) y aceites vegetales, proceso que pretenden implementar con la creación de una planta tipo batch generadora de 700 mil litros/mes en el estado de Santiago de Tianguistenco. Casi paralelamente el Centro de Investigaciones Lactocárnicas (CITELAC) en Argentina, viene desarrollando un proyecto para la producción de Biodiesel a partir de grasa Bovina en una planta piloto. El líder del proyecto el Ingeniero Rogger Illanes explica que el producto que se obtiene a partir de esta grasa es de consistencia más sólida que el producido a partir de aceites vegetales [9]

En un plano de producción industrial consolidado, destaca la experiencia de la empresa brasileña Intech Engenharia & Medio Ambiente, que está produciendo biodiesel derivado de grasa de pollo, en una fábrica del estado de Santa Catarina. La producción, de 200 litros por hora, sería destinada a los frigoríficos que proporcionan la materia prima y necesitan combustible para tractores, generadores eléctricos, camiones y otros usos. Pedro Springmann – Director general, explica que la conversión del proceso es que por cada Kilo de grasa se produce un litro de Biodiesel.

La universidad de Clemson (E.E.U.U) en el año 2007 realizó un estudio sobre el uso de Hidrotalcitas (CHTs) de Mg-Al como catalizadores en el proceso de producción de Biodiesel a partir de grasa de aves de corral, el estudio determinó que es posible la conversión de los triglicéridos en condiciones de alta presión y temperatura, alcanzando un rendimiento del 91% en el proceso de producción de biodiesel.

En el 2008 en el estado de Missouri (USA), Jerry Bagby y su socio Harold Williams juntaron esfuerzos para la construcción de una planta de biodiesel a partir de grasa de pollo, materia prima disponibles en abundancia en dicho estado, su pensado es refinar la grasa y mezclarla con aceite de Soja y producir cerca de 3 millones de galones por año, la mayor ventaja se presenta en el costo de la materia prima, dado que la grasa de pollo cuesta 19 centavos de dólar/libra, mientras que el aceite soja solo cuesta 33 centavos de dólar/libra. Pasos, que comienzan a ser seguidos por empresas como Tyson Food Inc., Perdue Farms Inc., Chesapeake y Smithfield Foods Inc. (mayores productores de grasas animales en los Estados Unidos, quienes encuentran un gran incentivo en el bajo costo de la grasa de pollo como materia prima pro-biodiesel, en comparación con los aceites vegetales.



En la provincia canadiense de British Columbia, se hizo un estudio riguroso sobre la factibilidad de incursionar como productores en el mercado del biodiesel. El estudio consideró además de las fuentes vegetales adecuadas al clima y suelos del Canadá (colza, soya, pasto elefante, etc.), el uso de grasas animales (aves, pollo, cerdos y pescado) y el de grasas amarillas y marrones productos de fritura de restaurantes, para la producción de Biodiesel, en consideración de su bajo costo y con el ánimo de incentivar un mejor manejo ambiental para estos residuos. El estudio demostró que no era sustentable una producción exclusiva a partir de grasas animales a pesar de que la disponibilidad de sebos y grasas (aves, cerdo y ganado) se estimó en 12.400 Ton /año. En el caso de los aceites de fritura el estudio incentivo practicas para recuperación de estos residuos in-situ y su valorización por diferentes vías, entre otras para extraer algunas fracciones que pueden ser utilizados como combustibles.

Debido al gran auge que tiene la producción y uso de Biocombustibles a partir de diferentes materias primas, se crea la necesidad de realizar estudios sobre las parámetros que pueden afectar la calidad del mismo; los estudios antes mencionados y algunos de interés publicados por la Journal of the American Oil Chemists Society acerca de la influencia que pueden tener los ácidos grasos libres (AGL) en las propiedades del biodiesel y su calidad dependiendo de su origen (entre ellas la grasa de pollo) así lo constatan, estos estudios demuestran que la alta concentración de ácidos grasos saturados provoca que se formen insolubles en el producto, del mismo de dicho estudio se puede concluir que cuando la composición de la materia prima contiene un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados en especial monoinsaturados se obtiene un combustible de mejor calidad.

En Colombia, si bien existen investigaciones de tipo fundamental, son pocos los resultados prácticos y efectivos en la producción de Biodiesel a partir de grasas animales. Aunque en Colombia es difícil la incursión de nuevas materias primas

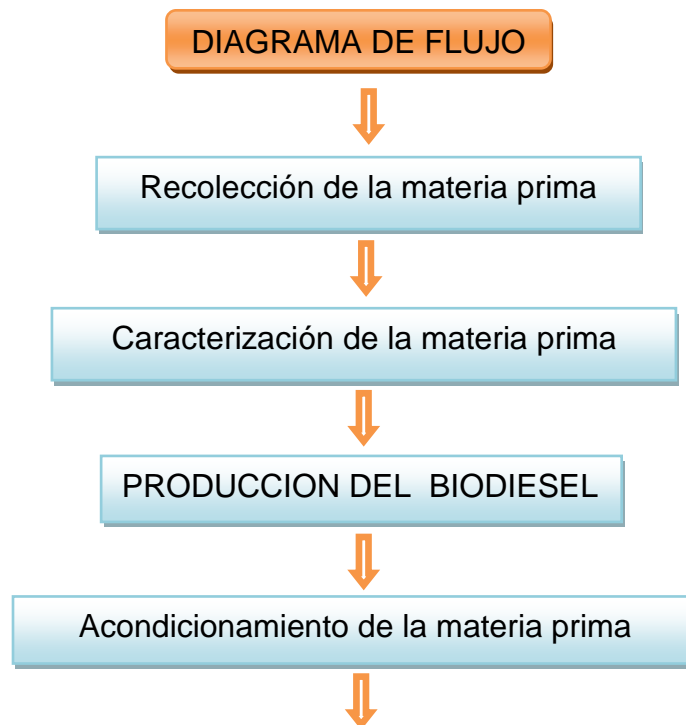
para biodiesel, debido al monopolio y fortaleza del sector palmicultor, no deja de tener interés para otros sectores dinámicos de la economía nacional como FENAVI, la valorización de muchos de sus residuos hacia aplicaciones de tipo energético, en este caso mediante la transformación de grasas residuales en biocombustible. En efecto, el siguiente capítulo tratara algunas experiencias experimentales que buscan de una parte constatar los rendimientos de la transesterificación de la grasa de pollo residual con los datos reportados en la literatura y de otra parte vislumbrar las principales dificultades técnicas que se afrontarían al trabajar industrialmente con esta materia prima.

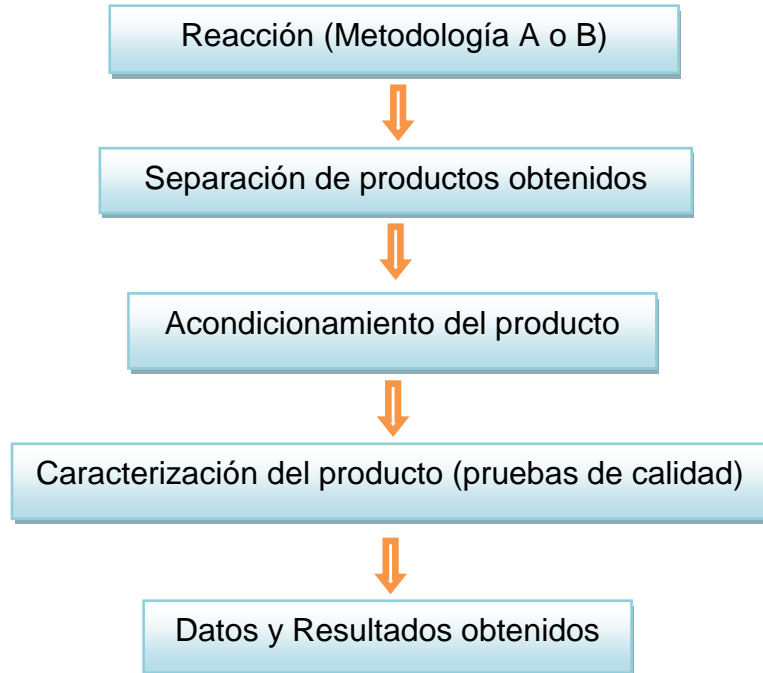


# CAPITULO IV

## 4. METODOLOGIA Y RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se describe el procedimiento que se lleva a cabo para la obtención de biodiesel a partir de grasa de pollo a nivel de laboratorio, el origen de la materia empleada, las pruebas requeridas para determinar la calidad del biodiesel obtenido en el laboratorio para luego seleccionar la prueba con los mejores resultados que deberá analizarse en un laboratorio especializado; una vez obtenidos estos resultados se evalúa la viabilidad de utilizar el biodiesel en los procesos propios de la industria avícola.



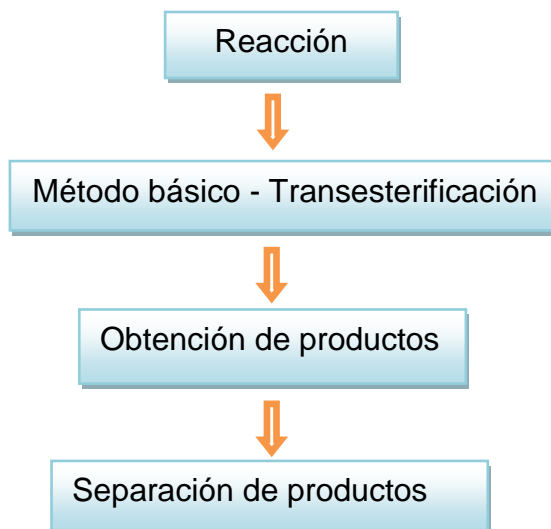


De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima se determina la metodología más apropiada para tratarla, si la acidez de la misma no es muy alta se sigue la metodología A en la cual es necesaria una sola etapa de reacción para la obtención del producto, de lo contrario si la muestra presenta un alto grado de acidez se sigue la metodología B en la cual se realizan dos procesos de reacción.

A continuación se muestran las metodologías a seguir según sea el caso:

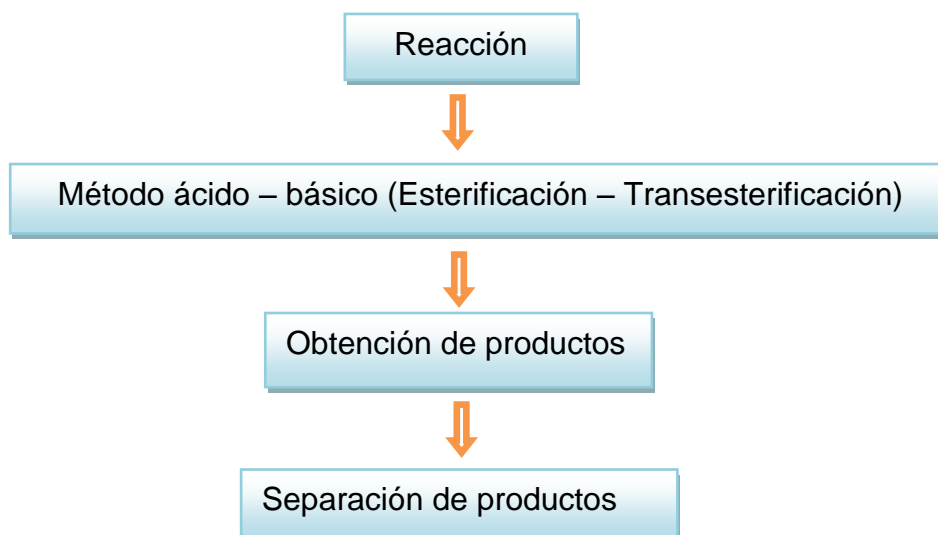
### **Metodología A**

En esta metodología solo se utiliza un tipo de reacción para producir biodiesel, reacción de transesterificación, en donde la muestra no posee una acidez superior a 4 o contiene menos del 3% de ácidos grasos libres.



### Metodología B

Cuando la caracterización de la materia prima da como resultado que la acidez es superior a 4 o la muestra contiene un porcentaje superior al 3% de AGL con referencia a los ácidos grasos se deben realizar dos procesos de reacción para disminuir dicha cantidad de AGL, las reacciones que se llevan a cabo son las de esterificación y posteriormente una reacción de transesterificación.



## **4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL**

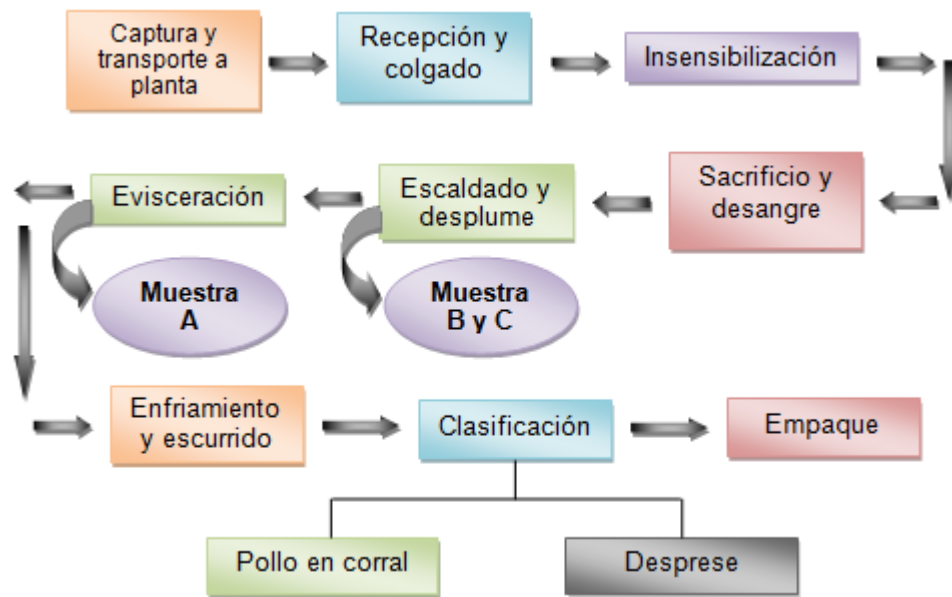
El desarrollo de la metodología se realiza a través del diseño experimental en donde se notifican las respectivas pruebas que se realizan, el análisis de cada una y las comparaciones que se generan respecto a las variaciones que se obtienen según las variables que intervienen en el proceso; fundamentando el porqué se debe trabajar con el método ácido – básico.

### **4.1.1 RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

La materia prima (grasa de pollo) empleada en este trabajo de grado es recolectada de la Planta de Sacrificio Distraves S.A. Del sacrificio del pollo se pueden obtener dos muestras de grasa, una proveniente de la evisceración (muestra A) y otra del escaldado y desplumaje (muestra B).

La figura 9 describe el proceso de beneficio de aves y las etapas donde se obtienen las respectivas muestras de grasa (A y B). Una tercera muestra C es recogida de la misma etapa de la muestra B pero con la diferencia que esta es tratada posteriormente en una granja a temperaturas elevadas para retirar el exceso de agua.

**Figura 9.** Diagrama de proceso de beneficio de aves



Fuente: Agrocadenas, 2005

#### 4.1.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA

Se inicia con la caracterización de la materia prima en donde se determina en qué condiciones se encuentra la grasa de pollo. Para ello es necesario realizar algunas pruebas las cuales son: Densidad, perfil de ácidos grasos libres, índice de saponificación, pH, y acidez. Dependiendo del resultado de dichas pruebas se analiza si es necesario realizar un pretratamiento o adecuación a la materia prima para que pueda ser utilizada en la elaboración del biodiesel. Dichas pruebas se realizan en el laboratorio de cromatografía de la Universidad Industrial de Santander -UIS.

En el respectivo caso que la materia prima no cumpla con estos requisitos es necesario realizar un pretratamiento para ser utilizada, por tal motivo la producción

de biodiesel se lleva a cabo en base al proceso combinado de Esterificación-transesterificación, para bajar la acidez de la grasa proveniente del pollo.

Según el científico Todd Swearingen (Appal Energy), si la muestra posee un pH muy alto, superior a 8 es necesario realizar el proceso de transesterificación en dos etapas la primera es en base ácida, utilizando como catalizador el ácido sulfúrico para convertir los ácidos grasos libres en esteres metílicos y evitar la formación de jabones por saponificación y la segunda se realiza en base alcalina para completar el proceso de producción de biodiesel.

Después de obtenidas las muestras de grasa, es necesario enviar la muestra B proveniente del escaldado y desplumaje al Laboratorio de Cromatografía de la Universidad Industrial de Santander – UIS para ser caracterizada, allí se le realiza un perfil de ácidos grasos para determinar las condiciones en las que se encuentra. La caracterización de la muestra proveniente de las vísceras (muestra A) se obtiene de una caracterización previa realizada por Distraves S.A, empresa la cual brindó dicha información.

Los resultados obtenidos de la muestra B proveniente del escaldado y desplumaje realizados en el laboratorio de Cromatografía de la UIS, al igual que los de los resultados de las pruebas realizadas a la muestra A por la empresa Distraves S.A. se resumen en las tabla 7 y 8 (ver anexo VI).



**Tabla 7.** Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en la grasa proveniente del escaldado y desplumaje

Acido graso	Cantidad relativa (%)		
	1ª medición	2ª medición	3ª medición
Caprílico (C8:0)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cáprico (C10:0)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Láurico (C12:0)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Mirístico (C14:0)	0,9	1	1
Miristoleico (C14:1n5)	0,2	0,2	0,2
Pentadecanoico (C15:0)	0,1	0,1	0,1
Plamítico (C16:0)	23,6	23,8	23,7
Palmitoléico (C16:1)	5,8	5,8	5,8
Heptadecanoico (C17:0)	0,2	0,2	0,2
Esteárico (C18:0)	6,1	6,1	6,1
Oleico (C18:1n9c)	34,5	34,3	34,4
Linoléico (C18:2n6c)	21,9	21,8	21,9
g - Linoléico (C18:3n6)	0,2	0,2	0,2
Linoléico (C18:3n3)	1,6	1,6	1,6
Araquído (C20:0)	0,1	0,1	0,1
Eicosenoico (C20:2n6)	0,2	0,2	0,2
Eicosadienoico (C20:2n6)	0,1	0,1	0,1
Eicosatrienoico (C20:3n6)	0,1	0,1	0,1
Araquidónico (C20:4n6)	0,2	0,1	0,2
Behénico (C22:0)	0,2	0,2	0,2
Nervónico (C24:1)	0,1	0,1	0,1

**Fuente:** Resultados del Laboratorio de cromatografía Universidad Industrial de Santander

**Tabla 8.** Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en el aceite de vísceras provenientes del pollo

Acido Graso	Cantidad Relativa (%)		
	1ª Medición	2ª Medición	3ª Medición
Caprílico (C8:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cáprico (C10:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Undecanoico (C11:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Láurico (C12:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Tridecanoico (C13:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mirístico (C14:0)	1.0	1.0	1.0
Miristoleico (C14:1n5)	0.2	0.2	0.2
Pentadecanoico (C15:0)	0.1	0.1	0.1
Palmítico (C16:0)	22.2	22.2	22.2
Palmitoleico (C16:1)	6.5	6.3	6.4
Heptadecanoico (C17:0)	0.2	0.2	0.2
Estéarico (C18:0)	1.1	1.0	1.1
Oleico (C18:1n9c)	32.4	32.8	32.6
Linoléico (C18:2n6c)	22.7	22.4	22.6
g-Linolénico (C18:3n6)	0.2	0.2	0.2
Linolénico (C18:3n3)	1.8	1.8	1.8
Araquídico (C20:0)	0.1	0.1	0.1
Eicosenoico (C20:1n9)	0.2	0.2	0.2
Eicosadienoico (C21:0)	0.2	0.2	0.2
Heneicosanoico (C21:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Eicosatrienoico (C20:3n6)	0.2	0.2	0.2
Araquidónico (C20:4n6)	0.6		
Eicosatrienoico (C20:3n3)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Behéico (C22:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Eicosapentaenoico (C20:5n3)	0.4	0.4	0.4
Nervónico (C24:1)	0.3	0.3	0.3

**Fuente:** Muestra proporcionada por Distraves S.A (Laboratorio de Cromatografía – Universidad Industrial de Santander)

En el proceso de producción de biodiesel son de gran importancia los ácidos grasos: palmítico, oleico y linoléico los cuales poseen cadenas largas las cuales son las responsables de la conversión de los triglicéridos en biodiesel.

Según los datos de las tablas 7 y 8 los valores de ácido palmítico, oleico y linoleico se encuentran presentes en las dos muestras en proporciones muy parecidas, de igual manera son los ácidos que se encuentran en mayores cantidades, lo que nos indica que la materia prima se encuentra apta para ser empleada en la producción de biodiesel.

La muestra B es rica en ácidos grasos insaturados (64.8%) los cuales mejoran la operatividad del biodiesel a bajas temperaturas. Un alto contenido de los mismos da como resultado que disminuya su estabilidad a la oxidación, pero esto se puede controlar con un alto contenido de oleico, en lo cual la muestra B presenta un 34.4% del contenido. A su vez la muestra A presenta un 32.6 % de ácido oleico, el cual también se encuentra en una buena proporción para contrarrestar también estos efectos. Este hecho hace que se logre una mejora en la estabilidad térmica y a la oxidación.

Las muestras contienen más del 3% de ácidos grasos libres, según la titulación de cada una de ellas respectivamente en los resultados se obtuvo un 3.1% para la muestra A, 3.9% para la muestra B y un 3.5% para la muestra C, por tal motivo es necesario realizar el proceso de obtención del biodiesel en dos etapas una ácida y una básica (Según metodología B).

De acuerdo con estos resultados se concluye que la materia prima es idónea para ser utilizada en la obtención de biodiesel en el laboratorio; en consecuencia no se encuentra en un estado de acidez demasiado alto el cual perjudique la producción de ésteres.

### 4.1.3 DETERMINACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES Y LA CANTIDAD DE NAOH

Si se conoce la cantidad de ácidos grasos, se puede determinar qué proporción de soda cáustica es necesaria para neutralizarlos y convertirlos en jabón (reacción de saponificación). Por último se separa el jabón que se obtiene de la grasa, este es un pretratamiento que se le realiza para que la misma pueda ser empleada en la elaboración del biodiesel, es necesario conocer la cantidad de NaOH que se debe utilizar ya que la soda cáustica rompe los enlaces de los ésteres y el alcohol se precipita hasta el fondo, quedando una cadena de ácido graso.

Es importante no sobrepasar la cantidad de soda cáustica necesaria puesto que se pueden seguir rompiendo los enlaces de los ésteres, incluso los del biocombustible debido a que el metanol se une a la cadena con más facilidad que la glicerina lo cual da como resultado que se forme un nuevo ester. Algunos de esos enlaces se unen a la soda cáustica y forman jabón, pero otros se unen a una molécula de agua y forman nuevos ácidos grasos libres (AGL) que quedan disueltos en el biodiesel<sup>51</sup>. De acuerdo al % de AGL presentes en la muestra se emplea la Metodología A o B según corresponda.

Mediante el **método de titulación**<sup>52</sup>. Se determinan la cantidad de ácidos grasos libres contiene la muestra con la cual se va a trabajar; se debe mezclar 1 ml de aceite con 10 ml de alcohol isopropílico + 2 gotas de solución de fenolftaleína; se añade gota a gota la solución de soda al 0,1% (1 g. de soda en 1 litro de agua) mediante agitación continua hasta que la solución quede homogénea durante 10

---

<sup>51</sup> ADDISON, Keith. Journey to forever. Has tu propio Biodiesel [En línea]. Hong Kong. 23 de abril de 1999. [Citado en abril 17 de 2007]. Disponible en: <http://journeytoforever.org/>.

<sup>52</sup> Proceso mediante el cual se conoce el volumen requerido de una solución de cierta normalidad para neutralizar el soluto de otra solución.

segundos (20 gotas = 1 ml) y se registran los mililitros de solución de soda al 0,1% usados.

La agitación debe realizarse con temperatura puesto que en frío puede congelarse y no funcionar. Si las condiciones son las correctas, eventualmente la solución se torna púrpura brillante. Este es el indicador de color para un rango de pH de 8 – 9. Es importante encontrar la cantidad adecuada, para alcanzar este pH sin dejar caer demasiadas gotas. Este procedimiento es necesario repetirlo unas dos veces más para cerciorarse que el resultado es correcto.

El objetivo de la valoración de la grasa mediante titulación es averiguar el número de mililitros de solución de soda que son necesarios utilizar para alcanzar un pH entre 8 – 9. La cantidad de mililitros de solución obtenidos en la titulación representan a su vez el porcentaje de ácidos grasos libres presentes en la muestra.

### **Determinación de la cantidad de NaOH**

La teoría reporta que el NaOH representa el 0.35% del volumen del aceite en la reacción de biodiesel, es decir, 3.5 gramos por litro de aceite. Para aceites y grasas de alta acidez se le suma la cantidad de mililitros de solución gastados en la titulación a los 3.5 requeridos, este valor será usado como catalizador<sup>53-54-55</sup>.

---

<sup>53</sup>ADDISON, Keith. Journey to forever. Has tu propio Biodiesel [En línea]. Hong Kong. 23 de abril de 1999. [Citado en abril 17 de 2007]. Disponible en: <http://journeytoforever.org/>.

<sup>54</sup>TIKEEL, Joshua. From The Fryer to the Fuel Tank: The complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. Greentech. USA, Septiembre 2000, Cap 6, p69.

<sup>55</sup>KEMP, William H. Biodiesel, Basics and Beyond: A Comprehensive Guide to Production and Used for the Home and Farm. New Society. USA, Junio 2006, Cap 8 p 454-465

Una vez se determina la cantidad de ácidos grasos libres se procede a calcular la cantidad de soda cáustica necesaria, la cual se realiza mediante una valoración de la grasa que ha de ser transesterificada. Esta valoración también se realiza usando el método volumétrico por titulación.

### **Cálculo**

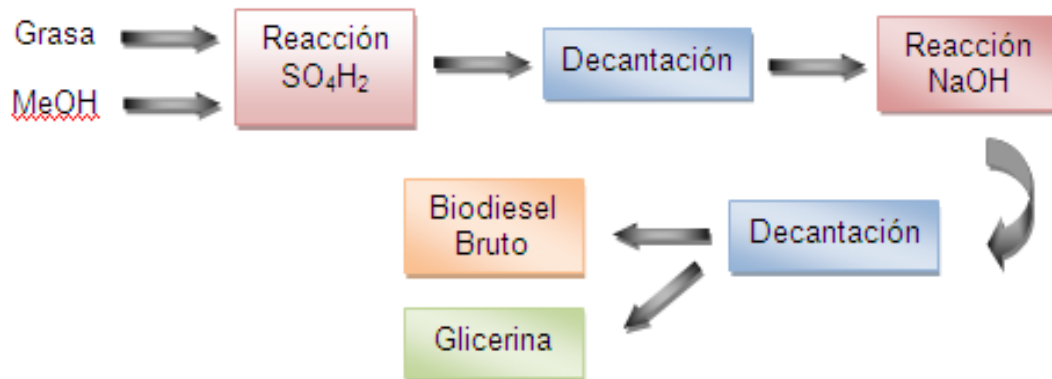
El número de mililitros (X) derivados de la valoración, se multiplican por el número de litros de grasa a ser transesterificada, y este valor corresponde a la cantidad de NaOH que se requiere para neutralizar la acidez del aceite la cual se expresa como “X gramos de NaOH / litro de aceite”. (TIKELL 2000).

Otro método que puede ser utilizado es el recomendado por el Químico Aleks Kac basado en el método empleado por Joshua Tikeel y Mike Pelly, consiste en multiplicar el número de ml derivados de la valoración por 1.15 y después por la cantidad de aceite a transesterificar. Este factor corresponde al 15% más de catalizador para lograr una separación más completa de esteres respecto al glicerol, el cual determino en base a sus múltiples experiencias en producciones por lote.

#### **4.1.4 PRODUCCIÓN DE BIODIESEL**

La obtención de biodiesel a partir de grasa de pollo se lleva a cabo en un laboratorio especializado, utilizando el proceso combinado de Esterificación – Transesterificación que actualmente se emplea para tratar materias primas de esta clase. Con esto se pretende la elaboración de un biocombustible sujeto a las normas ASTM para el biodiesel, que es el objetivo primordial de la realización de este trabajo. La figura 10 describe el proceso que se utiliza para la producción del biocombustible en el laboratorio.

**Figura 10.** Proceso a nivel de laboratorio para la obtención de biodiesel



**Fuente:** Autoras del proyecto de grado

En la elaboración a nivel industrial del biodiesel ya existen proporciones de mezclas establecidas de los diferentes reactivos que se emplean en el proceso de elaboración. En la realización de las pruebas de laboratorio a nivel experimental se trabajan con estos datos para lograr los resultados esperados. Con las pruebas de laboratorio se determina:

- Las proporciones de mezcla más favorables en el proceso de elaboración de biodiesel.
- Temperatura óptima de trabajo
- Tiempo que se demora el proceso
- Concentración de los reactivos
- Los valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos de las propiedades del biodiesel (Viscosidad, Densidad y Acidez)
- Muestra óptima para ser evaluada según las normas ASTM

El proceso cuenta con las siguientes variables que se pueden controlar:

- Temperatura
- Proporciones de mezcla alcohol / catalizador (datos de entrada)
- Tiempo

#### **4.1.4.1 Reacciones de esterificación y transesterificación**

Antes de realizar las reacciones según la metodología A o B se debe acondicionar la materia prima y consecutivamente obtener el biodiesel a nivel de laboratorio. La grasa de pollo se calienta a una temperatura entre 45°C y 48°C, una vez que la grasa se encuentra bien líquida se filtra con papel filtrante para retirar residuos sólidos que se puedan presentar.

Si la grasa contiene agua la reacción no se desarrolla correctamente ya que si se tiene un aceite de alta acidez mezclado con una mínima cantidad de agua puede ser muy perjudicial porque hay mucha más soda cáustica con la que puede reaccionar, y la misma reacción produce más agua. Hay dos formas de separar el agua:

- a)** Dejar que el agua se deposite en el fondo. Calentar la grasa hasta 60°C, manteniendo la temperatura durante 15 minutos y dejándola en reposo por lo menos 24 horas. No se debe utilizar más del 90% del contenido del recipiente porque el 10% que queda en el fondo es agua.
- b)** Evaporar el agua: Este método no es recomendable porque se forman más ácidos grasos libres. Se calienta el aceite hasta 100° C. El calor hace que el



agua se precipite hasta el fondo. Se drena el agua del fondo para evitar las burbujas de vapor, que luego estallan y salpican, se debe mantener la temperatura hasta que dejen de formarse burbujas.

### **Reacción de esterificación**

La esterificación en catálisis ácida se realiza para disminuir el contenido de ácidos grasos libres que contenga la muestra y evitar así que estos se neutralicen con el catalizador, se formen jabones y se obtenga un producto de mala calidad; en esta etapa se forma un compuesto a partir de un ácido y de un alcohol. El alcohol, como en otros procesos, es metanol, pero en vez de soda caústica el catalizador es ácido sulfúrico. El ácido debe tener una pureza del 95%<sup>56</sup>.

Por cada litro de aceite se añade 1 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) con una concentración del 95%. Seguidamente se mezcla pausadamente, manteniendo la temperatura a 35° C. La velocidad del agitador no debe sobrepasar los 500 ó 600 rpm. La velocidad exacta no importa; se debe mantener la temperatura a 35° C durante una hora y luego se deja de calentar, pero no de agitar y se continúa agitando durante otra hora dejando reposar la mezcla mínimo ocho horas.

### **Reacción de transesterificación**

La transesterificación en catálisis básica se realiza para lograr la mayor conversión de los triglicéridos en *metil – esteres*. En esta etapa del proceso prepara una solución de metóxido de sodio, utilizando alcohol (Metanol) al 12% v/v con la cantidad de catalizador (NaOH) calculada empleando el método volumétrico por titulación (ver numeral 4.1.3), es necesario titular por lo menos 3 veces para más exactitud

---

<sup>56</sup> I Seminario-taller Biocombustibles biodiesel – bioetanol 2007, Revista virtual: Virtual PRO, pág.: 11 y 12, Colombia 2007.

de los valores. Si no se conoce si no se conoce la pureza del NaOH se recomienda usar 3.5 gr por cada litro de grasa. Se mezcla el NaOH en el metanol hasta disolución completa.

Debido a que anteriormente se esterificó en medio ácido la grasa de pollo, para neutralizar y disminuir la presencia de AGL, se utilizarán valores cercanos a la mitad según lo requerido. (Teóricamente se requieren 3.5 gramos de catalizador por litro de aceite y para aceites usados o materias primas de alta acidez se utiliza este valor junto con el obtenido por titulación, normalmente este valor oscila en un rango de 6 a 7 gramos por litro de aceite)<sup>57-58-59</sup>.

Después de ocho horas de reposo de mezcla del proceso de esterificación, se vierte la mitad del metóxido en la mezcla y se agita durante cinco minutos. Esto neutraliza el ácido sulfúrico y ayuda a que se produzca la catálisis alcalina.

En la etapa alcalina se calienta la mezcla hasta 55° C y se mantiene esta temperatura hasta el final. Seguidamente se añade el resto del metóxido de sodio y se agita despacio como antes, no más de 500 a 600 rpm. El color de la muestra debe ser amarillo pajizo, que es el color del biodiésel. La glicerina (marrón y viscosa) se hundirá hasta el fondo del recipiente. Cuando se obtiene ese color (suele tardar entre 1,5 y 2,5 horas) se deja de calentar y de agitar. En la etapa ácida los ácidos grasos libres son esterificados y algunos triglicéridos son transesterificados. En la etapa alcalina sólo hay transesterificación, pero es mucho más rápida y completa.

---

<sup>57</sup>ADDISON, Keith. Journey to forever. Has tu propio Biodiesel [En línea]. Hong Kong. 23 de abril de 1999. [Citado en abril 17 de 2007]. Disponible en: <http://journeytoforever.org/>.

<sup>58</sup>TIKEEL, Joshua. From The Fryer to the Fuel Tank: The complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. Greentech. USA, Septiembre 2000, Cap 6, p66, 67.

<sup>59</sup>KEMP, William H. Biodiesel, Basics and Beyond: A Comprehensive Guide to Production and Used for the Home and Farm. New Society. USA, Junio 2006, Cap 8 p 454-465

#### **4.1.4.2 Separación**

La mezcla obtenida se deja sedimentar (decantar) mínimo ocho horas para obtener una separación completa. El biodiesel flota en la parte superior y puede ser vertido en un contenedor o vaso de vidrio para ser visto. La glicerina y el jabón van al fondo con lo cual se puede hacer un jabón altamente glicerinizado. La glicerina (aunque no está aun solidificada) tendrá un color marrón oscuro y los esteres un color amarillo pajizo.

#### **4.1.4.3 Lavado y Secado**

El lavado del biodiesel es una parte importante del proceso, ya que se retira la cantidad de metanol en exceso, restos de glicerina, jabones u otras impurezas que pudieron quedar ocasionando un aspecto más limpio y cristalino. Para lavarlo, se debe añadir agua y agitar, el agua se deja depositar en el fondo (lo que necesita tiempo), se separa el agua del biodiesel y se mide el pH. Es necesario repetir dicho procedimiento hasta que el pH mida 6-7. Si el biodiesel se encuentra con aspecto un poco lechoso, significa que aún hay agua en él. Para retirar (secar) el agua que contenga se calienta levemente hasta evaporar el agua.

Los procedimientos de lavado y secado del biodiesel no se realizan a nivel de laboratorio debido a que no se cuenta con los equipos necesarios para dichos procesos.

#### 4.1.4.4 Calidad del biodiesel

Se fijan tres variables para caracterizar el biodiesel obtenido en el laboratorio, lo que permite manejar una secuencia de datos y mirar que cambios sufren cada una de ellas. Al realizarse modificaciones durante el procedimiento ya sean de temperatura o de proporciones de catalizador, dichas variables son la densidad, la viscosidad y la acidez factores que determinan la viabilidad del biodiesel obtenido para ser analizado mediante pruebas más selectivas que arrojen un resultado certero de los experimentos hechos en el laboratorio.

##### ➤ **Viscosidad**

La prueba de viscosidad es un indicador comparativo muy útil para comprobar la calidad del biodiesel pero por si sola no puede definir si la reacción se ha completado antes de alcanzar el equilibrio es decir, que no quedan en el combustible cantidades perjudiciales de sustancias que no han reaccionado.

La viscosidad se comprueba con un *medidor de viscosidad*. Una forma práctica que se puede llevar a cabo en el laboratorio de medirla como una referencia es cronometrar el tiempo que tardan 100 ml de biodiesel en salir de una pipeta graduada. Si queda metanol en el combustible las medidas no son correctas, por eso es imprescindible lavarlo antes de medir<sup>60</sup>. Es necesario realizar varias repeticiones a distintas temperaturas debido a que la viscosidad depende de misma.

---

<sup>60</sup> ADDISON, Keith. Journey to forever. Has tu propio Biodiesel [En línea]. Hong Kong. 23 de abril de 1999. [Citado en abril 17 de 2007]. Disponible en: <http://journeytoforever.org/>.

## ➤ Acidez

La acidez se determina por métodos volumétricos, es decir, midiendo los volúmenes. Ésta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado y el colorante.

Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que se puede observar con un colorante. Un ejemplo de colorante, y el más común, es la fenolftaleína ( $C_{20} H_{14} O_4$ ), que vira (cambia) de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base.

El procedimiento se realiza con un equipo de titulación que consiste en una bureta, un vaso de precipitado, un soporte universal y un anillo con su nuez. (Ver procedimiento en el numeral 4.1.3 Método de Titulación) Se mide la cantidad de agente titulante gastado (o gasto de bureta) y se utiliza la *normalidad* de la sustancia.

Se emplea entonces la siguiente fórmula:

$$Acidez = \frac{(GB)(N)(P_{eq})}{A}$$

Donde

GB = Gasto de bureta [se mide en] mL. (solución de Hidróxido de sodio)

N = Normalidad del agente titulante.

$P_{eq}$  = u.m.a. del ácido de muestra (28.2 constante relacionada con peso molecular de ácido oleico)

A = Alicuota en mL de muestra (titulada).

La fórmula determina la cantidad de gramos del ácido determinado por litro de muestra ( $\frac{g}{L}$ ) Si queremos obtener la acidez en función del porcentaje entonces el  $P_{eq}$  lo dividiremos entre 100.

El  $P_{eq}$  de un ácido se calcula dividiendo el Peso molecular entre el número de iones  $H^{+1}$ .

### ➤ pH

El pH no tiene verdaderamente una unidad, pues es una fórmula " $pH = -\log$  (con. iones  $(H^+)$ )". Por tanto, es un número que no le afecta el volumen. El pH de la segunda fase estará por encima de 7 (sobra soda), que es una especie de cero en la escala de pH. La escala en rangos se mide desde 0 a 14, ácido es de 0 a 6, de 8 para arriba es alcalino y el 7 es neutro. El pH es medido con medidores electrónicos de pH tiras de comprobación, en donde se tiene como referencia una tabla de colores. Esta también se lleva a cabo mediante titulación.

#### **4.1.5 PRUEBAS DE CALIDAD**

A continuación de obtener el biodiesel se realizan las pruebas de calidad necesarias las cuales necesitan unas especificaciones que enumeren las propiedades y garantizan la calidad del producto que se obtuvo, puesto que el biodiesel debe cumplir con unas normas de calidad y unos requisitos mínimos los cuales se encuentran estipulados en el marco regulatorio colombiano. En la tabla 9 se enuncian las pruebas y los respectivos laboratorios en donde se deben realizar.

**Tabla 9.** Laboratorios donde se realizan las pruebas de calidad.

<b>PRUEBA</b>	<b>NORMA</b>	<b>LUGAR A REALIZAR LA PRUEBA</b>
Calor de Combustión	ATSM D 240	ICP
Densidad a 15 °C	ASTM D 4052	ICP
Gravedad API	ASTM D 4052	ICP
Número de Ácido	ASTM D 664	ICP
Punto de Fluidez	ASTM D 97	ICP
Punto de Inflamación	ASTM D 93	ICP
Viscosidad a 40 °C	ASTM D 445	ICP

**Fuente:** Autoras del proyecto de grado.

Para determinar la calidad del biodiesel obtenido en el laboratorio se puede realizar una prueba casera muy sencilla la cual consiste en mezclar en un recipiente 150 ml biodiesel sin lavar (separado de la glicerina, después de doce horas de reposo) con 150 ml de agua. Se coloca la tapa y agita vigorosamente durante diez segundos, dejando que repose. En media hora, o menos, debe quedar encima el biodiesel cristalino, y debajo agua lechosa. Si el combustible es de buena calidad la separación es rápida y todas las impurezas quedan en el agua. Si supera esta prueba se puede lavar y usarlo con toda tranquilidad.

## **4.2 DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS**

En esta etapa, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio de la materia prima y por último los datos de las pruebas realizadas con variaciones en los reactivos en la esterificación y transesterificación.

#### **4.2.1 PRUEBAS DE LABORATORIO DE LA MATERIA PRIMA**

Los siguientes datos son provenientes de las muestras A y C, debido a que la muestra B no es apta para la producción de biodiesel por su alto contenido de agua y acidez.

El acondicionamiento que se establece antes de realizar las pruebas de obtención de biodiesel para tratar la materia prima es el siguiente:

El contenido de agua presente en la muestra A es nulo, se denota debido a la no formación de burbujas de vapor al momento de calentar la muestra hasta una temperatura de 70°C. La grasa en estado líquido (aceite de pollo) es filtrada para retirar la cantidad de sólidos suspendidos que se puedan presentar y consigan afectar de manera directa el proceso.

La muestra B proveniente del lavado, no es apta para la producción de biodiesel debido a que contiene grandes cantidades de agua y se necesitaría un equipo especial para poder ser retirada. En el laboratorio donde se realizaron las pruebas no se contó con dicho equipo.

Del escaldado y desplumaje se obtuvo una muestra C la cual fué tratada mediante un pretratamiento en una granja de la empresa Distraves S.A. en la cual la grasa pasa por una etapa de calentamiento (en un caldero) y colado para ser empleada como alimento para ganado dichos procesos previos ayudan a eliminar el contenido de agua en exceso con la cual sale la grasa de la piscina de la planta de sacrificio. El exceso de agua restante es retirada en el laboratorio.

A nivel de laboratorio el filtrado se realiza mediante el uso de una bomba de vacío lo cual puede tardar una hora por litro de grasa, también es necesario el uso de



papeles filtros de diferente tamaño para una filtración completa. A manera industrial en un reactor se realizan los procesos de calentamiento y filtrado de la grasa de pollo a temperatura constante; el aceite de pollo se pasa posteriormente a la fases de reacción (esterificación – transesterificación).

La materia prima (grasa de pollo) utilizada en este trabajo de grado se caracterizó de la siguiente manera:

**Titulación de la muestra:** Se emplea una solución de NaOH 0.1N, 1 ml de grasa de pollo y fenolftaleína como agente titulante.

➤ Gasto promedio de solución

$$\text{(Muestra A)} = (3.3 + 2.9 + 2.9 + 3.3) \text{ ml}/4 = 3.1 \text{ ml de NaOH}$$

$$\text{(Muestra B)} = (3.8 + 3.3 + 3.4 + 3.5) \text{ ml}/4 = 3.5 \text{ ml de NaOH}$$

**Acidez:**

$$\text{(Muestra A)} = (3.1 \times 0.1 \times 40) / 1 = 12.4$$

$$\text{(Muestra B)} = (3.5 \times 0.1 \times 40) / 1 = 14$$

**Densidad:** Se emplea un vaso de precipitado de 100 ml, 80 ml de grasa de pollo a T° ambiente. Peso vaso vacío: 41.260 gr.

$$\text{(Muestra A)} = (111.413 - 41.260) \text{ g} / 80 \text{ ml} = 0.8769 \text{ g/ml}$$

$$\text{(Muestra B)} = (112.415 - 41.260) \text{ g} / 80 \text{ ml} = 0.8894 \text{ g/ml}$$

**Tabla 10.** Características de la grasa de pollo proveniente de evisceración (muestra A)

Propiedad	Cant.
Densidad (g/ml)	0.8769
Cantidad S/n de Titulación (ml)	3.1
Acidez	12.4
pH	4.5

Fuente: Autoras del proyecto de grado.

**Figura 11.** Grasa de vísceras (Imagen A) y grasa de lavado (Imagen B)



**Imagen A**



**Imagen B**

Fuente: Autoras del proyecto de grado

**Tabla 11.** Características de la grasa de pollo proveniente del escaldado y desplumaje del pollo, recolectada en la granja de Distraves S.A (muestra B)

Propiedad	Cant.
Densidad (g/ml)	0.8894
Cantidad S/n de Titulación (ml)	3.5
Acidez	14
pH	3.5

Fuente: Autoras del proyecto.

Después de caracterizar la materia prima, se selecciona el método que es necesario utilizar para la producción de biodiesel a partir de grasas ácidas. Debido a que las muestras contienen más del 3% de ácidos grasos libres y un pH ácido elevado es conveniente realizar el proceso en dos etapas una de esterificación (ácida) y otra de transesterificación (básica), para obtener los resultados esperados.

#### **4.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES Y CANTIDAD DE NAOH**

Como se explicó en el numeral 4.1.3 estos valores se hallan por el método de titulación. Utilizando la fórmula de la acidez mencionada en el ítem anterior se realiza el cálculo para conocer cuál es la acidez que contiene la muestra, si el resultado es superior a 4 la materia prima posee una cantidad alta de ácidos grasos considerables, por lo tanto se realiza un pretratamiento de la misma y así disminuir la acidez.

Con base en los resultados de la titulación de las muestras A y C (3.1 ml y 3.5ml) respectivamente se procede a realizar el cálculo de la cantidad de Soda Cáustica necesaria para la reacción. De la siguiente manera

La cantidad de mililitros gastados en la titulación es igual a **X**, por lo tanto la cantidad de NaOH es igual a:  $CC = x + 3.5$ , este el número de gramos de lejía (NaOH) necesarios para neutralizar y reaccionar un litro de aceite hidrogenado (CC).

Se toma como base de cálculo 200 ml de grasa para ser transesterificada, teniendo en cuenta que teóricamente se recomienda 3,5 g de NaOH por litro de grasa. Se procede con el respectivo cálculo:

➤ Para la muestra A

$$3.1 \text{ gr/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.62 \text{ gr}$$

$$3.5 \text{ gr/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.7 \text{ gr}$$

$$0.6 \text{ gr/L} + 0.7 \text{ gr} = 1.32 \text{ gr de NaOH}$$

$$(0.62 \times 1.15) + 0.7 = 1.413 \text{ gr de NaOH (opcional recomendado por el Químico Aleks Kac)}$$

➤ Para la muestra C

$$3.5 \text{ g/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.70 \text{ gr}$$

$$3.5 \text{ g/L} \times 0.2 \text{ L} = 0.7 \text{ gr}$$

$$0.7 \text{ gr/L} + 0.7 \text{ gr} = 1.4 \text{ gr de NaOH}$$

$$(0.70 \times 1.15) + 0.7 = 1.505 \text{ gr de NaOH (opcional recomendado por el Químico Aleks Kac)}$$

Se requieren 1.32 g de soda para la muestra A y 1.4 gr de soda para la muestra C según la valoración realizada para reaccionar con 200 ml de grasa de pollo, si la prueba se realiza solo en fase básica, de lo contrario se utiliza solo la cantidad titulada o teórica, ya que llevando a cabo el proceso en dos etapas acida y básica solo se requiere la mitad de la soda que da la titulación.

#### **4.2.3 PRODUCCIÓN DE BIODIESEL**

Para la obtención del biodiesel existen variables que se pueden modificar para obtener un buen resultado y un biocombustible de optimas condiciones, en este caso son las proporciones de mezcla alcohol / acido sulfúrico y alcohol/soda cáustica, donde solo se varia el catalizador.

Existen otras variables como la temperatura el tiempo de reacción y la velocidad de agitación pero estas se mantienen fijas dentro de un rango de valores establecidos (tabla 12). El tipo de catalizador y alcohol que se utiliza también es de gran importancia para la obtención del biodiesel ya que dependiendo de estos la reacción se da en óptima y bajas condiciones.

➤ **Tiempo y temperatura de reacción**

Las reacciones de esterificación y transesterificación pueden ocurrir a diferentes temperaturas dependiendo de la materia prima que se emplee. A medida que la temperatura aumenta, también lo hace el rendimiento de la reacción, sin embargo después de un determinado tiempo la diferencia entre temperaturas no afecta de manera considerable el rendimiento de las mismas.

En cuanto al tiempo de la reacción, a medida que este crece, se incrementa la conversión de la reacción, además puede variar dependiendo del catalizador que se utilice.

Para estas dos variables se toma un valor fijo para cada fase:

**Tabla 12.** Variables fijas

<b>VARIABLE</b>	<b>FASE ACIDA</b>	<b>FASE BASICA</b>
Temperatura	35 – 40 °C	55 – 60 °C
Tiempo de reacción	2 Horas	1 Hora

**Fuente:** Autoras del proyecto de grado.

### ➤ **Velocidad de Agitación**

. Las revoluciones necesarias para la obtención del biodiesel están entre los rangos de 400 a 600 rpm debido a que si se utiliza una agitación inferior o mayor a esta se pueden producir jabones o no reaccionar bien el metanol con la materia prima.

### ➤ **Tipo de Catalizador**

De las variables que se pueden controlar se toma las proporciones de mezcla en donde solo se varía el catalizador, para realizar las respectivas modificaciones a estos valores, y el tiempo de reacción se deja fijo; debido a que dicha variable influye directamente en la calidad del producto final, afectando de forma directa los valores que se puedan obtener de las propiedades básicas las cuales son: densidad, viscosidad y acidez (datos de salida) las cuales determinan la calidad del biocombustible que se obtiene en el laboratorio. Existen otros factores que no son fácilmente controlables dentro del proceso, para este caso dicho factor es la velocidad de reacción.

Para lograr que la información obtenida en el laboratorio sea eficaz los datos obtenidos se registran en tablas que permiten llevar un orden cronológico de los resultados. Dicha información permite caracterizar el biodiesel obtenido e identificar las variables que pueden afectar la calidad del mismo.

De los tres tipos de catalizadores se seleccionan los catalizadores homogéneos debido a su menor costo y fácil manipulación, de los cuales se utilizan: la soda caústica (NaOH) y el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), debido a que poseen tiempos de reacción cortos. La cantidad de metanol necesaria cuando se trabaja con soda es

muy baja al igual que las cantidades que se utilizan de catalizador (básico - ácido) con respecto a la cantidad de grasa ya que varían entre rangos de 0.5 a 5%.

➤ **Tipo de alcohol**

Los alcoholes más empleados son el etanol y metanol, especialmente el metanol por sus ventajas químicas y físicas (ver tabla 13), ya que puede reaccionar rápidamente con los triglicéridos y en la mayoría de casos el metanol es el de más bajo costo.

Si se utiliza etanol se puede usar como catalizador KOH (Hidróxido de Sodio), aunque es más costoso que la soda cáustica, posee una pureza inferior y se necesita una proporción mayor para que se complete la reacción. El NaOH funciona, pero se disuelve muy lentamente en el etanol. El etanol es aconsejable utilizar si la materia posee un grado bajo de ácidos grasos libres.

**Tabla 13.** Propiedades del metanol y etanol

<b>METANOL (CH<sub>4</sub>O)</b>	<b>ETANOL (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)</b>
<b>Propiedades Físicas (condiciones normales de presión y temperatura)</b>	<b>Propiedades Físicas (condiciones normales de presión y temperatura)</b>
Peso molecular: 32 gr/mol	46.07 gr/mol
Densidad: 0.79 Kg/L, 791.8 Kg/m <sup>3</sup>	Densidad: 810 Kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión: -97 °C	Punto de fusión: 158.9 K (-114.5 °C)
Punto de ebullición: 65 °C	Punto de ebullición: 351.6 K (78.4 °C)
Viscosidad: 0.59 a 20 °C	1.17 a 20°C
<b>Propiedades químicas</b>	<b>Propiedades químicas</b>
Acidez (pKa): ~ 15.5	Acidez (pKa): 15.9
Solubilidad: Totalmente miscible	Solubilidad: Totalmente miscible
<b>Peligrosidad</b>	<b>Peligrosidad</b>
Punto de inflamabilidad: 285 K (12 °C)	Punto de inflamabilidad: 285 K (12 °C)
Temperatura de autoignición: 658 K (385 °C)	Temperatura de autoignición: 1066 K (793 °C)

**Fuente:** Wikipedia, La enciclopedia libre, Marca registrada de la organización: Wikimedia Foundation, Inc.

El alcohol que se selecciona debe ser esencialmente anhídrido (bajo contenido de agua) ya que el contenido de agua promueve la hidrólisis<sup>61</sup> de los esteres a ácidos grasos libres y por lo tanto la formación de jabones.

El metanol es el alcohol seleccionado para la producción de biodiesel, por su mayor reactividad, su mayor rendimiento y facilidad en la purificación del biodiesel.

A continuación en la Tabla 14 se detallan las pruebas realizadas para la obtención del biodiesel con la muestra A y C; el método a utilizar y el porcentaje de variación del catalizador. Se realizan variaciones en el catalizador tanto de la fase básica como en la ácida para mejorar el resultado obtenido.

---

<sup>61</sup> **Hidrólisis:** Reacción química mediante la cual resultan dos nuevos compuestos a partir de una sustancia compleja mediante la adición de agua y su posterior descomposición.



Una vez detalladas las pruebas que se realizan para la elaboración de biodiesel en el laboratorio, se indican las cantidades de reactivos que se toman como base para el trabajo de laboratorio, de igual forma la temperatura de operación y el tiempo que tarda cada proceso. En la tabla 15 se detallan los valores para el proceso básico – básico y para el proceso ácido – básico, debido a que al calcular la cantidad de NaOH requerida para el proceso el valor (1.413 gr) obtenido para la muestra A según el método recomendado por Químico Alecs KAc es cercano al obtenido en la muestra C (1.4 gr), se tomara el valor de 1.4gr de cantidad de NaOH como base para la reacción del proceso de obtención de Biodiesel, Metanol al 20 % v/v y ácido sulfúrico al 0.1% v/v.

No se utilizó un escalado en las proporciones de materia prima y reactivos utilizados ya que las pruebas no se realizaron en una planta piloto adecuada totalmente para dicho proceso. La relación entre las cantidades utilizadas en el laboratorio y a manera industrial se realizó mediante proporciones directas.

**Tabla 14.** Pruebas a nivel de laboratorio muestra A (Grasa de viseras) y C (Grasa escaldado)

PRUEBA	MUESTRA	DESCRIPCION
I	A	Básica – Básica NaOH 50% Titulado
II	A	Básica – Básica NaOH Titulado
III	A	Acido – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y NaOH Titulado)
IV	A	Acido – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 100% en exceso Titulada)
V	A	Acido – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH Titulada)
VI	A	Básica – Básica NaOH 20% en exceso Titulada
VII	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 10 % exceso Titulada)
VIII	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 10 % menos Titulada)
IX	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5% exceso y NaOH 10% exceso Titulada)
X	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 50% en exceso - NaOH 10 % en exceso Titulada)
XI	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 15 % en exceso Titulado)
XII	A	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10% (-) NaOH 15 % en exceso Titulado)
XIII	C	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH titulado)
XIV	C	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 100 % en exceso)
XV	C	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 50%, NaOH 70 % en exceso)
XVI	C	Acida – Básica (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> teórico y NaOH 10 % en exceso)

**Fuentes:** Autoras del proyecto de grado.

**Tabla 15.** Cantidades básicas para la obtención de biodiesel en el laboratorio.

<b>PROCESO BASICO - BASICO</b>				
<b>Reactivo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo en alcanzar la T° de mezcla</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo del proceso</b>
<b>Soda cáustica</b>	1,4 gr	25 min	55 - 60°C	80 min
<b>Metanol</b>	40 ml			
<b>Grasa de pollo</b>	200 ml			
<b>PROCESO ACIDO- BASICO</b>				
<b>FASE ACIDA</b>				
<b>Acido</b>	0,2 ml	25 min	35 - 40°C	120 min
<b>Metanol</b>	16 ml			
<b>Grasa de pollo</b>	200 ml			
<b>FASE BASICA</b>				
<b>Soda cáustica</b>	0,7 gr	25 min	55 - 60°C	80 min
<b>Metanol</b>	24 ml			
<b>Grasa de pollo</b>	195 ml			

**Fuente:** Autoras del proyecto de grado.

El tiempo que se utiliza en cada proceso en una planta industrial depende de la capacidad de la misma y si se realiza en batch o de manera continua, en este caso el proceso es tipo batch y para 400L de materia prima tarda 2:30 horas en realizar los dos procesos (esterificación – Transesterificación) debido a que industrialmente no se cuentan con tiempos muertos entre los procesos y las decantaciones necesarias no se realizan de un día para el otro.

**Tabla 16.** Cantidades de materia prima y reactivos utilizados a nivel industrial

<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>
Grasa de pollo	400L
Metanol	80L
Soda Cáustica (98%)	1.4 kg
Ácido Sulfúrico (0.1)	0.4L

**Fuente:** Autoras del proyecto de grado.



# CAPITULO V

## 5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Con base a los resultados que se obtienen en el laboratorio se realizan los análisis según las variaciones que se presentan de acuerdo con los cambios de la cantidad de catalizador en las reacciones de cada proceso (esterificación – transesterificación) al igual que se muestran los análisis de las pruebas de calidad que dan a conocer las condiciones del biodiesel que se obtuvo.

### 5.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con la literatura compilada en capítulos anteriores, el biodiesel es totalmente líquido, con un color ya sea amarillo pajizo o rojizo dependiendo de la materia prima empleada, transparente y sin ningún contenido de sólidos ni geles.

La soda caustica es el componente principal para la determinación de la fluidez debido a que si no se cuenta con la proporción necesaria en la reacción pueden formarse geles, haciendo que se obtenga un mayor grado de viscosidad.

En la tabla 17 se observan los diferentes cambios en el color, fluidez y cantidad de sedimentos según las variaciones en la proporción del catalizador tanto para la grasa proveniente de vísceras.

**Tabla 17.** Características del biocombustible obtenido

PRUEBA	MUESTRA	COLOR	PRESENCIA DE GELES	SEDIMENTOS
I	A	Amarillo pajizo	SI	2%
II	A	Amarillo pajizo claro	SI	25%
III	A	Amarillo pajizo	NO	8%
IV	A	Amarillo pajizo claro	NO	12%
V	A	Amarillo pajizo oscuro	NO	5%
VI	A	Amarillo pajizo oscuro	NO	14%
VII	A	Amarillo pajizo	NO	4%
VIII	A	Amarillo pajizo oscuro	NO	0%
IX	A	Amarillo pajizo claro	SI	95%
X	A	Amarillo pajizo claro	NO	10%
XI	A	Amarillo pajizo	SI	35%
XII	A	Amarillo pajizo claro	SI	30%

**Fuentes:** Autoras del proyecto de grado.

De acuerdo a las características físicas que se reflejan en la tabla 16 del biocombustible obtenido variando el porcentaje de catalizador se observa lo siguiente:

- En la mayoría de las pruebas se obtuvieron sedimentos en forma de pasta, al tomar una muestra de esta y mezclarla con agua se alcanzo a formar un poco de espuma; lo que indica que se alcanzaron a dar reacciones mínimas de saponificación, al mismo tiempo la glicerina obtenida se mezclo con este precipitándose al fondo.

- La prueba I al transcurrir de los días fue formando natas que la volvieron viscosa, debido a que el proceso se llevo a cabo solo en fase acido – básica con la cantidad de soda normal pero no se logro convertir totalmente los ácidos grasos en metilesteres, los cuales trataron de formar jabones y por esto la formación de las natas en la misma.
- Las pruebas IX, XI y XII presentaron mayores cantidades de sedimentos y formación de geles, lo que indica que la proporción de soda utilizada no es la más adecuada para que la reacción se dé en óptimas condiciones, debido a que estas se realizaron con NaOH en exceso que formaron jabones, por lo tanto, inhibieron la separación de los metilésteres de la glicerina.
- La prueba II también presento gran cantidad de sedimentos y geles, a pesar que no se llevo a cabo con exceso de catalizador, se empleo fue el requerido según titulación. Esto pudo ser debido a que no realizo el proceso previo de esterificación en medio ácido, ocasionando que una gran cantidad AGL no reaccionaran y por tanto en vez de formar metilesteres se formaron emulsiones o jabones. Del mismo modo la prueba I que a pesar de no presentar sedimentos al transcurrir de los días fue formando natas que la volvieron viscosa.
- Las pruebas V y IX se gelatinizaron casi por completo quedando una capa muy fina en estado liquido, lo que indica que la muestra de grasa contenía humedad que acompañada de la alta acidez de la misma en presencia del catalizador básico impidieron que se diera la separación del glicerol por la tendencia a formar jabones.
- En las pruebas III, IV, VII se obtuvieron los mejores resultados apartando el hecho de que la IV obtuvo un pH acido, demuestran que el mejor método para

obtener biodiesel a partir de la grasa de pollo es el combinado esterificación – transesterificación.

- La muestra proveniente del lavado contenía una cantidad mayor de agua y ácidos grasos libres, ocasionando que el resultado de las pruebas no fuera el más favorable, presentándose más del 50% en sedimentos, lo que indica que este exceso de agua perjudicó la reacción llevándola a que se dieran reacciones de saponificación. Para retirar la cantidad de agua no se contó con un equipo de tecnología avanzada, debido a esto el agua no pudo ser retirada por completo.

La tabla 18 muestra las pruebas de viscosidad, densidad y pH que se realizaron a nivel de laboratorio. Las muestras provenientes del lavado de pollo quedaron descartadas para la realización de estas pruebas debido a que las características físicas no permitían realizarlas.

**Tabla 18.** Resultados de las pruebas de calidad hechas en el laboratorio

Analisis Prueba	Viscosidad a 40°C (ml/s)	Densidad A 15 °C (g/ml)	pH
I	1,837	0,912	9,0
II	2,959	0,831	5,5
III	1,988	0,848	9,0
IV	3,036	0,864	5,5
VI	1,834	0,942	9,0
VII	1,943	0,857	9,0
X	1,767	1,052	10
XI	2,157	0,886	8,0
XII	2,662	0,914	9,0

**Fuentes:** Autoras del proyecto de grado.

De la tabla anterior se puede concluir lo siguiente:

- Teniendo en cuenta la norma ASTM D 445 los rangos de viscosidad a temperatura de 40°C deben estar entre 1.9 y 6.0, solo el 52% de las pruebas obtuvieron resultados adecuados de viscosidad. Las pruebas que obtuvieron una viscosidad baja o nula fueron debido a que los ácidos grasos no neutralizaron totalmente, lo cual provoco la producción de geles que interfieren en la reacción y en la separación del glicerol.
- Teniendo en cuenta los valores de densidad que pueden variar de 0.86 g/cm<sup>3</sup> a 0.90 g/cm<sup>3</sup> la minoría de las muestras poseen una densidad adecuada con respecto a los valores basados en las norma de calidad ASTM 4052. Cuando



se adiciona entre un 10% y 15% de catalizador básico a la muestra de grasa se obtienen buenos resultados de densidad.

- La mayoría de las pruebas obtuvieron pH básicos lo cual indica que la cantidad de catalizador utilizado no fue la adecuada, cuando se utiliza un exceso en la soda se forman geles que producen que el pH de la muestra se vuelva básico.
- En las pruebas III, IV, VI y VII se obtuvieron los mejores resultados apartando el hecho que la prueba IV obtuvo un pH ácido, demuestran que el mejor método para obtener biodiesel a partir de la grasa de pollo es el combinado esterificación – transesterificación.
- En la muestra IV se puede concluir que la reacción de esterificación no se dio completamente puesto que su pH fue muy bajo y se presentaba una alta acidez en la muestra.
- Es importante realizar un lavado previamente a realizar las pruebas de calidad para el biodiesel que se pueda obtener debido a que esto ayuda a disminuir el pH hasta obtener un pH neutro.

De acuerdo a las tablas 17 y 18, la prueba VII presento los mejores resultados en cuanto a la variación del porcentaje del catalizador y se selecciono para ser enviada a los análisis de calidad.

## 5.2 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO

Los resultados de las pruebas de calidad realizadas en el ICP son los siguientes (ver anexo VII):

**Tabla 19.** Resultados de las pruebas de calidad del biodiesel obtenido

Análisis	Método	Unidades	Biodiesel (01/08/08 H:15:25)	Especificaciones	
				Min	Max
Calor de Combustión (Poder Calorífico)	ASTM D 240-(02)	MJ/Kg	39.627	---	---
Densidad a 15 °C	ASTM D4052-(02)	g/ml	0.8920	0.86	0.90
Gravedad API	ASTM D4052-(02)	° API	27.1	---	---
Número Acido	ASTM D 664-(07)	Mg KOH/g	<0.100	---	0.5
Punto de Fluidez	ASTM D 97-(05)	°C	3	Reportar	
Punto de Inflamación	ASTM D 93-(07)	C	100	120.0	---
Viscosidad a 40 °C	ASTM D 445-(06)	mm <sup>2</sup> /s	7.4165	1.9	6.0

**Fuentes:** Autoras del proyecto de grado.

Cabe aclarar que los resultados presentados en la tabla 19 pertenecen al biodiesel bruto obtenido en el laboratorio, es decir, biodiesel sin previo tratamiento de purificación o limpieza (lavado del biodiesel) que ayuda a mejorar su calidad final. Este proceso de purificación no se llevo a cabo debido a que el laboratorio donde se realizaron las pruebas experimentales de obtención del mismo no contaba con los equipos necesarios para llevar a cabo este proceso.

### **5.2.1 ANÁLISIS DEL CALOR DE COMBUSTIÓN (PODER CALORÍFICO)**

Según el artículo “Biodiesel, una revisión del desempeño mecánico y ambiental” publicado por el departamento de Ingeniería y Desarrollo de la Universidad del Norte en el 2003, se dice que el poder calorífico del biodiesel es del orden del 13% en masa más bajo que el del diesel. El poder calorífico del diesel es de 43.33 MJ/Kg, y el del biodiesel obtenido en el laboratorio es de 39.627 MJ/Kg; por lo tanto este se encuentra en un 8.5% menor que el del diesel, porcentaje menor en el que normalmente la literatura dice que debe estar, esto nos indica que el biodiesel obtenido en el laboratorio es de buena calidad ya que su valor de poder calorífico no está muy lejano del valor de diesel petroquímico, lo que garantiza sus propiedades de combustión

### **5.2.2 ANÁLISIS DE LA DENSIDAD A 15 °C**

La densidad de la muestra está dentro del rango que indica la norma ASTM D 4052 (0.86 – 0.90 g/cm<sup>3</sup>). La densidad es una propiedad que no garantiza que el biodiesel obtenido sea de muy buena calidad pero se toma para comparar unas muestras con otras, debido a que hay muestras que cumplen con la densidad estipulada pero su apariencia no es la adecuada.

La muestra no contenía geles en suspensión lo que ayuda a que la densidad este dentro de los límites permisibles par un biodiesel de buena calidad, lo cual indica que la cantidad de metilésteres es superior a la cantidad de sedimentos.

La densidad da una idea del contenido de energía que puede presentar el combustible. El resultado del producto obtenido indica que el biodiesel posee una energía térmica adecuada y una economía de combustible.

Una buena densidad depende de la grasa que se utilice si posee material insaponificable, agua y ácidos grasos. La reacción de esterificación de la prueba XIX logró disminuir en un alto porcentaje de AGL y la eficiencia del proceso de transesterificación fue buena.

Un valor bajo de densidad indica que el residuo de metanol es alto por tal motivo la cantidad de reactivo que se utilizó fue la adecuada.

### **5.2.3 ANÁLISIS DE LA GRAVEDAD API**

El Instituto Americano de Petróleo define los grados API como la calidad mínima de un combustible. La densidad de los crudos varía entre 0.7 kg/L y 1kg/L (densidad del agua 1kg/L); dicha densidad puede ser expresada en grados API. La densidad de los crudos varía entre los 10 y los 40 grados API; cuanto menor sea el número de grados API, mayor será la densidad del crudo. El biodiesel obtenido tiene una gravedad API de 27, según este valor alcanzado, el tipo de combustible obtenido en el laboratorio se encuentra dentro del rango de los crudos medianos.

#### **5.2.4 ANÁLISIS DEL NÚMERO ÁCIDO**

Este valor nos indica la cantidad de ácidos grasos, o generados por degradación el límite máximo según lo establecido en las especificaciones es de 0.8, y el resultado de los análisis del biodiesel obtenido es menor de 0.1, esto nos garantiza que no se presentaran depósitos en el sistema y el nivel de corrosión del mismo será muy mínimo.

#### **5.2.5 ANÁLISIS DEL PUNTO DE FLUIDEZ**

Es la temperatura a la cual el combustible deja de fluir a bajas temperaturas; cuanto más bajo se obtenga el punto de fluidez, mayor será la protección que el mismo proveerá a bajas temperaturas. El resultado del punto de fluidez del biodiesel obtenido es de 3 °C, este es un valor bajo el cual permite que el biodiesel que se consiguió en el laboratorio pueda funcionar de manera adecuada en temperaturas inferiores a los 20°C<sup>62</sup>.

#### **5.2.6 ANÁLISIS DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN**

Es la temperatura más baja a la cual puede encenderse el combustible al ser calentado con una llama. El valor del punto de inflamación resultante del biodiesel obtenido en el laboratorio es 100 °C, el cual es menor al valor mínimo especificado que debe cumplir, esto quiere decir, que el biodiesel obtenido en el laboratorio posee compuestos de mediana volatilidad como agua, esto debido a que el producto

---

<sup>62</sup> RODRIGUEZ Lilia, SARMIENTO Jose A. y VIDALES Humberto. Prueba de choque térmico entre biodiesel y diesel a diferentes temperaturas. ZEUSS Petroleum S.A., ECOPETROL. Unidad de disciplinas especializadas. [En línea]. Colombia 2007. [Citado en agosto 31 de 2009]. Disponible en: [www.zeusspetroleum.com](http://www.zeusspetroleum.com)

final aun se encuentra en bruto, es decir, no ha contado con ningún tipo de purificación, la cual puede mejorar los resultados obtenidos, cabe resaltar que un exceso de metanol en la muestra también ocasiona una baja en el punto de inflamación por tal motivo se requiere evaporar el exceso del reactivo luego de la transesterificación.

### **5.2.7 ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD**

La viscosidad es una medida de la resistencia del combustible a fluir, con referencia a las especificaciones el límite máximo permitido de viscosidad es de 5.0 mm<sup>2</sup>/s. De acuerdo a los resultados obtenidos este valor está muy por encima del permitido, esto se encuentra directamente relacionado con la naturaleza de la materia prima, la cual en su estructura posee ácidos grasos insaturados con un grupo hidroxilo que le confiere su alta viscosidad. El resultado obtenido es superior del máximo permitido lo cual puede provocar pérdidas de flujo a través de los filtros de los inyectores.



# CAPITULO VI

## 6. INGENIERIA CONCEPTUAL DE LA PLANTA

La ingeniería conceptual sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en un estudio previo (estudio de viabilidad) y en la definición de los requerimientos del proyecto. Los principales conceptos a analizar y estudiar en esta fase son:

- Productos y capacidad de producción.
- Normativa y regulación (desarrollada en el numeral 2.5).
- Descripción del proceso de producción y requerimientos de usuario.
- Descripción general de instalación.
- Diagramas de proceso básicos.
- Estimación de requerimientos de servicios auxiliares.
- Lista de equipos preliminar.
- Estimación económica de la inversión  $\pm 30\%$

De acuerdo con lo anterior el presente capítulo describe la capacidad de producción, tipo de proceso, método de producción y equipos requeridos de una planta modelo para la obtención diaria de biodiesel, consecutivamente se enuncian los costos e ingresos que se encuentran inmersos para la realización del análisis económico de la viabilidad del proyecto.

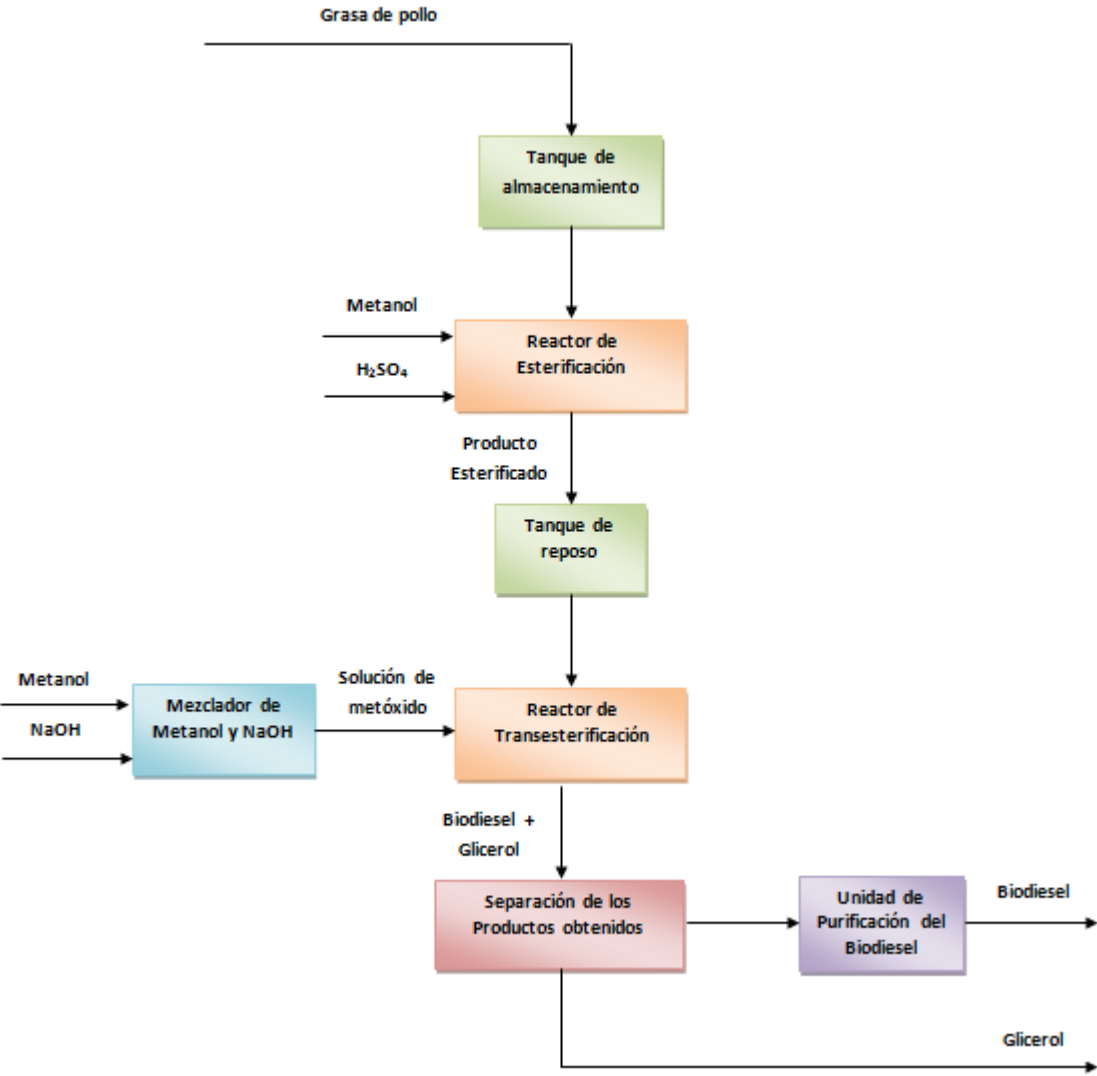
Para plantear un modelo de planta es necesario definir las entradas y salidas, el tipo de proceso (batch o continuo), capacidad de producción y de esta forma elaborar el diagrama de bloques del proceso. Una vez definidos estos factores se buscara en el mercado una planta que se adapte a las condiciones requeridas para el proceso a un costo asequible; de acuerdo a la planta seleccionada se debe tener en cuenta que se pueda aprovechar la capacidad nominal de máquina durante el proceso productivo para optimizar el consumo de energético.

## **6.1 TIPO DE PROCESO Y METODO DE PRODUCCION**

En base a los diferentes procesos industriales para la producción de biodiesel analizados en el capítulo 2 (ver anexo IV) se selecciona el proceso tipo Batch, ya que permite una mayor flexibilidad cuando se requieran efectuar cambios en el producto. En la figura 12 se describe el proceso mediante un diagrama de bloques.



Figura 12. Diagrama de bloques del proceso tipo batch



Fuente: Autoras del proyecto de grado.

A continuación se describe el proceso con los equipos necesarios que se requieren para llevar a cabo la producción de biodiesel a nivel industrial a partir de la metodología empleada en el capítulo 4.

### **6.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**

El proceso inicia con una unidad de calentamiento y filtrado de la grasa. En esta unidad se retira la humedad que la misma pueda contener mediante calentamiento, logrando una mayor fluidez para facilitar el filtrado; lo cual permite a su vez retirar las partículas en suspensión y de esta forma se acondiciona la materia prima.

Después de lo anterior se almacena la materia prima en un tanque translucido de fondo cónico y de doble salida, una para el proceso y otra para la extracción de sedimentos. El material de este tanque debe ser capaz de soportar la corrosión que pueda dar por la acidez de la grasa. En este sentido el tanque puede ser construido en acero inoxidable o polietileno de alta densidad. (Según recomendaciones de el Señor Rodolfo Carlstein representante de La compañía Central de Biodiesel - Fabricantes de pequeños y medianos equipos para la elaboración di Biodiesel, (ver anexo VIII).

Por otra parte y debido a que los insumos (Metanol, Ácido Sulfúrico y Soda Cásutica) que se utilizan no se venden en grandes cantidades por ser productos controlados, su almacenamiento es más fácil ya que no se requiere de un tanque para tal fin, los mismo se dispondrán en una bodega bajo condiciones de temperatura ambiente, en el contenedor que suministre el laboratorio.

### **6.1.2 PRETRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**

En esta etapa se utiliza un reactor en donde se lleva a cabo el proceso de esterificación (etapa acida) para neutralizar los ácidos grasos presentes en la materia prima. Este reactor consiste en un tanque que puede ser en acero inoxidable ferrítico o de tipo austenítico (debido a la presencia de ácido sulfúrico en la reacción)

de diseño cónico con tres entradas; dos de las cuales están destinadas para el Ácido Sulfúrico y el Metanol, y la tercera para la materia prima. Dichas entradas poseen sistemas de dosificación mediante control de flujo a través de un PLC. Adicionalmente el reactor tiene un sistema de agitación y calentamiento, así como los sistemas de control necesarios para mantener las variables dentro de las condiciones del proceso de esterificación. . El material más empleado para este tipo de tanques según las diferentes tecnologías (Central Biodiesel, AGERATEC AB), disponibles en el mercado es el acero inoxidable o acero al carbono, el primero con mejores resistencias de corrosividad y el segundo por su economía.

### **6.1.3 ETAPA DE TRANSESTERIFICACIÓN**

A continuación de la etapa acida se realiza el proceso de transesterificación, el cual se lleva a cabo en otro reactor de características similares al anterior. Previamente se prepara el metóxido en un reactor con calentamiento y agitación controlado por un PLC, para luego adicionar la mezcla gradualmente al reactor de transesterificación con la mezcla proveniente del pretratamiento de la materia prima.

### **6.1.4 PROCESO DE DECANTACIÓN**

Una vez ocurrida la transesterificación se deja reposar la mezcla en un tanque de acero carbono de fondo cónico con doble salida para lograr una separación entre el biodiesel y el glicerol. Este tanque podría ser reemplazado por una unidad centrífuga de alta velocidad para agilizar los tiempos de producción, no obstante su precio es mayor.

### **6.1.5 LIMPIEZA DEL BIODIESEL**

Existen diferentes procesos para realizar la limpieza del biodiesel con el objeto de tener un biocombustible con las condiciones de calidad requeridas en el mercado. Los métodos más empleados son: Lavado por burbujas, lavado por niebla, lavado por centrifugado, lavado por agitación y en seco (ver anexo IX). Sin embargo dentro de las tecnologías disponibles en el mercado, se encontró un sistema de limpieza en seco el cual consiste en una unidad centrifuga de circuito cerrado la cual separa por diferencia de peso específico y un sistema de filtrado de dos etapas con el fin de retirar trazas de glicerol, sales metálicas y otras impurezas que existan en el Biodiesel.

### **6.1.6 ALMACENAMIENTO DEL BIODIESEL Y GLICEROL**

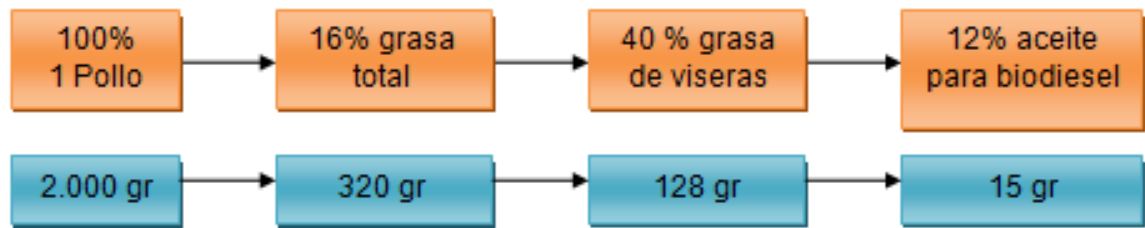
Posteriormente a la purificación, el biodiesel es conducido a un tanque de base cónica en acero al carbón de forma vertical, con sistema de venteo tipo cuello de ganso que evite la presurización del tanque, manteniendo las condiciones de seguridad necesarias en el almacenamiento. En el proceso de decantación se obtiene el glicerol como subproducto y al igual que el biocombustible es almacenado en otro tanque con las dimensiones adecuadas.

## **6.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION**

La capacidad de producción de biodiesel está definida por la disponibilidad de materia prima (grasa de pollo) de la empresa Distraves S.A. Esta empresa tiene una producción mensual promedio de 60 Ton proveniente del proceso de evisceración (ver capítulo 1), cantidad que varía de acuerdo al total de aves sacrificadas

aproximadamente unas 2.000 al mes. Dicho promedio se obtiene de los porcentajes de la figura 13.

**Figura 13.** Porcentajes y cantidades para la obtención de la grasa de pollo



**Fuentes:** Autoras del proyecto de grado.

Teniendo en cuenta la cantidad de materia prima disponible mensual (30 días laborados) se tiene que la capacidad de producción de grasa diaria será:

$$60 \frac{\text{Ton}}{\text{Mes}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = 2.000 \text{ Kg /día}$$

La densidad de la grasa de vísceras es de 0.8769 kg/L con referencia a los datos obtenidos en la tabla 10 del capítulo 4.

$$2.000 \text{ kg} / (0.8769 \text{ kg/L}) = 2.281 \text{ Litros día de grasa de pollo}$$

$$= 68.430 \text{ litros / mes}$$

Entonces,

Si se toma la carga diaria de grasa y el tiempo por lote el cual dura entre 90 – 120 min<sup>63</sup>, el tamaño del lote será:

$$2.281 \text{ litros} \times \frac{1 \text{ día}}{12 \text{ horas}} \times \frac{2 \text{ horas}}{1 \text{ lote}} = 380 \text{ litros / lote}$$

equivalentes a 12 batch (lotes) al día.

De acuerdo a la capacidad de carga, se deben encontrar opciones disponibles en el mercado para un modelo de planta que tenga una carga mínima de 400 litros por batch.

#### ➤ **Consumos y rendimientos utilizando metanol**

Con base a los resultados obtenidos en las pruebas del laboratorio mostrados en el capítulo 5 se establecieron mediante proporciones directas los balances de materias primas, insumos y productos del proceso por Batch de biodiesel con una eficiencia del 90% del proceso; vale la pena anotar que no se tuvieron en cuenta relaciones de escalado ya que las pruebas se hicieron en un nivel básico de laboratorio y no se utilizó una planta piloto. Las siguientes tablas enuncian los insumos y productos de la producción.

---

<sup>63</sup> El tiempo se estima basado en el tiempo de operación empleado por la tecnología Central Biodiesel. (ver anexo IX)

**Tabla 20.** Insumos y productos en la producción de biodiesel

<b>Insumos</b>	<b>Cantidad</b>
Grasa	400 L
Metanol	80 L
Soda (98%)	1.4 kg
Acido Sulfurico (0.1%)	0.4 L
<b>Productos</b>	<b>Producción</b>
Biodiesel	360 L
Glicerina (80 %)*	65.5 L

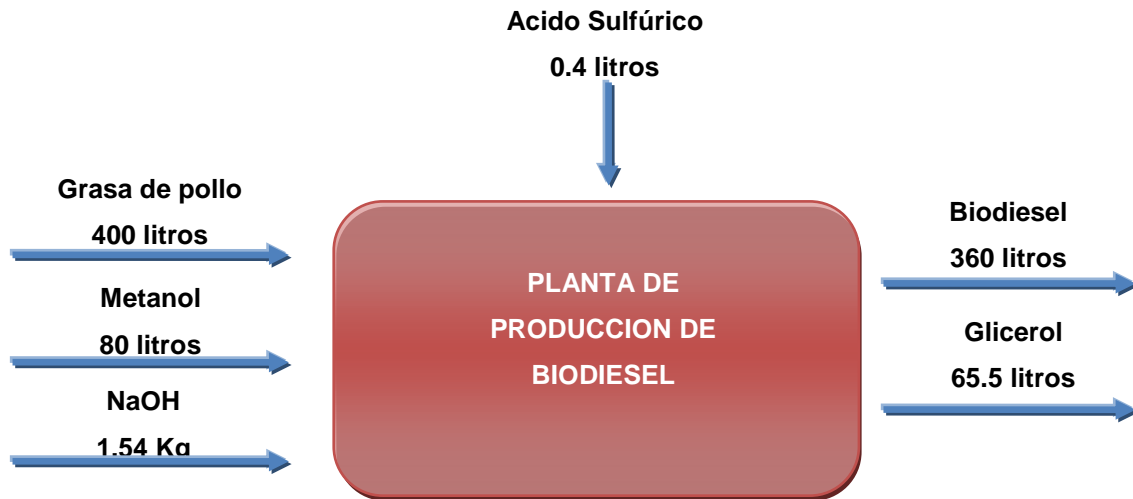
\* 80% de glicerina, contiene trazas de metanol, catalizador y jabones

**Fuente:** Autoras del Proyecto de grado.

Estas cantidades tienen en cuenta las siguientes condiciones del proceso:

- Conversión del 90% de ácidos grasos libres a metilésteres en el reactor de esterificación.
- Contenido de ácidos grasos libres en la grasa de pollo, de 3.2 %
- 95% de conversión en el reactor de transesterificación
- Conversión global del proceso igual a 90 - 95%.
- Ácido sulfúrico utilizado al 0.1% de concentración v/v.
- 330 días de trabajo al año.

**Figura 14.** Diagrama de bloque general del proceso por batch



**Fuente:** Autoras del proyecto de grado.

### 6.3 DESCRIPCION GENERAL DE LA INSTALACION

Debido a que en Colombia no se presenta aun una tecnología desarrollada para este tipo de plantas de producción, fue necesario buscar la maquinaria con diferentes empresas dedicadas a la fabricación de plantas productoras de biodiesel, siguiendo los lineamientos establecidos para la producción del mismo a nivel de laboratorio y teniendo en cuenta la capacidad de producción establecida anteriormente, todo eso con el fin de tener diferentes alternativas para su adquisición y después de estudiar las propuestas seleccionar la que más se ajusta a las necesidades del proyecto.

En la Tabla 21 se muestra a nivel general, las cotizaciones realizadas por las autoras del estudio, a cuatro empresas productoras de equipos y suministros para la



producción de Biodiesel, las cuales se relacionan a su vez en el Anexo VIII, en donde se incluyen los accesorios que son necesarios para el montaje.

**Tabla 21.** Cotizaciones de plantas y unidades adicionales

EMPRESA*	CONTACTO	MODELO PLANTA	VALOR
AMSETEC Ltda. (Representación Colombia)	Miguel Ángel Jiménez info@amsetec.com	Modelo BDP-10 TD 10.000 litros /día No incluye transporte No incluye accesorios	USD 220.000 + IVA 16%
		Unidad de tratamiento del glicerol No Incluye transporte	USD 65.000 + IVA 16%
		Unidad de pretratamiento de aceites No incluye transporte	USD 78.000 + IVA 16%
Central Biodiesel HTP.Inc Argentina	Rodolfo G Carlstein ven- tas@centralbiodieselhtp.co m	Paquete especial Bio3 2.880 litros / día Incluye accesorios No incluye transporte	USD 31.210,35 + 16% IVA
		Reactor para esterificación Bio400M7 No incluye transporte	USD 10,008.16+ 16% IVA
Biodys Argentina	Santiago Arissian arissian@gmail.com	C6000 830 litros/día Incluye accesorios Incluye transporte	USD 42.300** + 16 % IVA
Equiacero Colombia	Carlos Flórez S. ventas@equiacero.com	(2) Tanques de almacenamiento Capacidad 10.000 litros No incluye transporte	USD 5.926,21***+ 16 % IVA
		(1) Tanque de almacenamiento Capacidad 2.000 litros No incluye transporte	USD 2.233*** + 16% IVA

\*Las cotizaciones de los modelos de las diferentes tecnologías con todos sus componentes se pueden apreciar en el anexo VIII.

\*\*El valor fue cotizado en euros y se utilizó una tasa de cambio de 1,41 EUR/USD

\*\*\*El valor fue cotizado en pesos y se utilizó una TRM de 2060 COP/USD

**Fuentes:** Autoras del estudio.

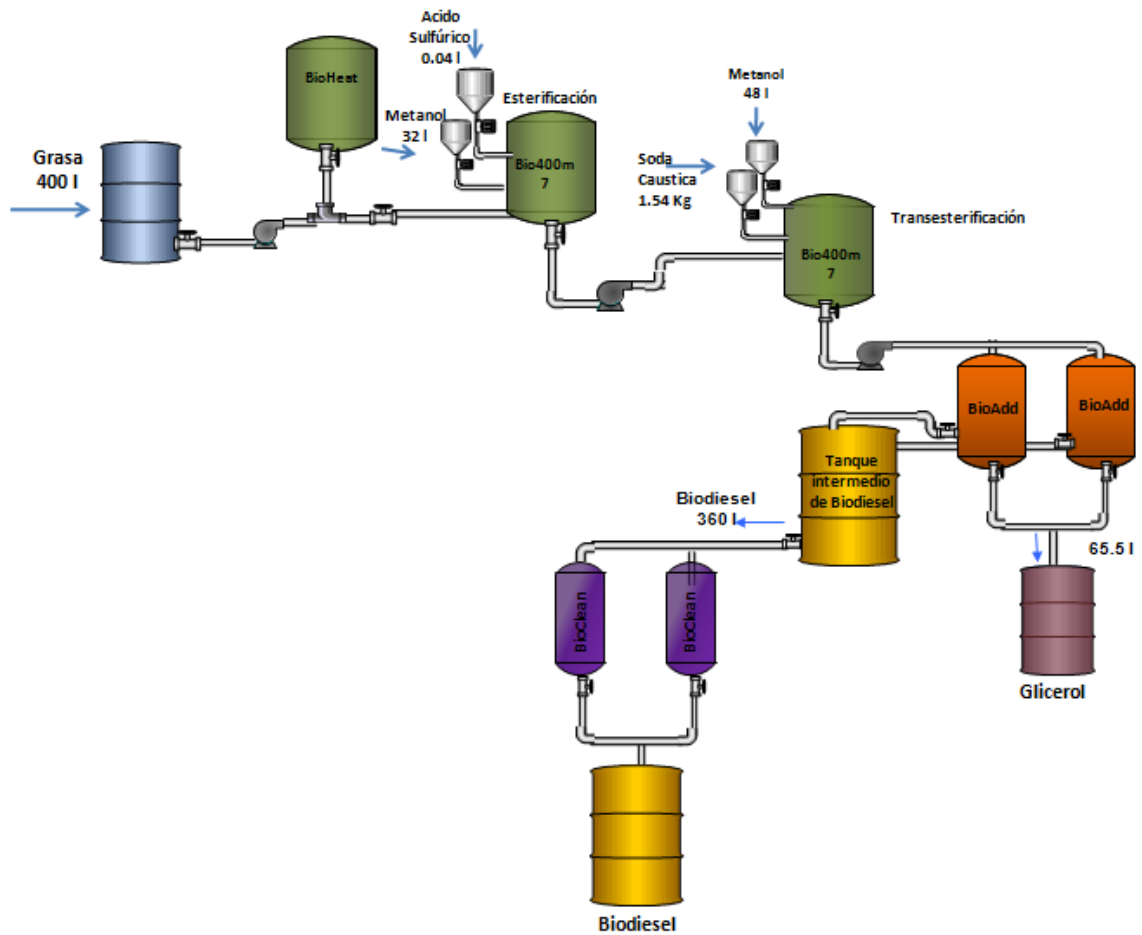
De acuerdo a los requerimientos de producción y a su costo de inversión, se seleccionó la propuesta de planta hecha por Central Biodiesel Inc. ya que además de su modularidad ofrece las siguientes características:

- Las plantas utilizan un exclusivo protocolo HTP (Alta Temperatura Bajo Presión), lo cual garantiza el índice de conversión mayor al 98%.
- El Biodiesel que se fabrica no requiere lavado, de esta manera se elimina la generación de efluentes contaminantes.
- La planta cotizada incluye una unidad que permite expandir la capacidad del reactor y permite la reducción de tiempos de decantación.
- La planta posee una capacidad de 1.200.000 litros al año, lo cual es apto para la cantidad de materia prima con la que se cuenta.

No obstante, la propuesta de la empresa Central Biodiesel Inc. no incluye un sistema de pretratamiento de la grasa. En este sentido, se tomó en cuenta la propuesta de realizar el proceso en un reactor Bio400M7 de la misma empresa, el cual se puede emplear para realizar el proceso de esterificación.

Considerando lo anterior se presenta un esquema de los componentes del proceso en la figura 15 de acuerdo a la información ofrecida por los fabricantes de las plantas seleccionadas.

**Figura 15.** Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Autoras del trabajo de grado.

## 6.4 ANALISIS ECONÓMICO

Además de las consideraciones que se tienen en cuanto a la parte técnica y ambiental, existe el factor económico decisivo para evaluar el alcance que puede llegar a tener este tipo de alternativa energética. En este numeral se detalla de manera sencilla un análisis económico en el cual se muestran cada uno de los costos

de producción, las inversiones en activos fijos e ingresos necesarios para valorar la viabilidad del proyecto económicamente.

#### 6.4.1 INVERSIONES

- **Maquinaria empleada en la producción del biodiesel (variables en función de la tecnología aplicada):** En cuanto al valor de la maquinaria, la propuesta realizada por la empresa Central Biodiesel es la más económica (referirse a la tabla 20) y además cumple con las consideraciones técnicas ya descritas. Según la cotización la planta mas el reactor para el proceso de esterificación tiene un costo en puerto Colombiano de \$190.979.530,60 pesos.
- **Tanques de almacenamiento:** Los tanques necesarios para el almacenamiento son provistos por la empresa Equiacero de Colombia, los cuales tienen un costo Ex – Fábrica de \$19.497.280 pesos IVA incluido. Teniendo en cuenta que no se incluye el transporte, su costo tendría un valor aproximado de \$1.500.000 pesos<sup>64</sup> para un total de \$20.997.280 pesos.
- **Accesorios, instalación y montaje:** Ninguna de las anteriores propuestas incluye el montaje de bombas y tuberías de conexión entre tanques de almacenamiento y la planta. El costo de las tuberías se cotizo en las empresas Rodar Ltda e IMR de la ciudad de Bucaramanga equivalente a la suma de \$3.210.069 pesos y el montaje estarían en un estimativo alrededor de \$400.000 pesos<sup>65</sup>.

---

<sup>64</sup> Precio establecido por la empresa de transportes ASCARGA de la ciudad de Bucaramanga

<sup>65</sup> Precio sugerido por el Ingeniero Ronald J Tirado Abril de la empresa Indco Ltda.

En la tabla 22 se muestran las inversiones necesarias para el estudio económico en plenitud.

**Tabla 22.** Inversiones del proyecto

<b>EUIPOS,INSTALACIONES Y MONTAJE</b>	<b>VALOR (USD)</b>	<b>VALOR (COP)*</b>
Planta para el proceso de transesterificación (BIO3) + accesorios	\$31.210,35	\$64.293.321
Reactor para el proceso de esterificación	\$10,008.16	\$20.616.809,6
3 Tanques de almacenamiento	\$10.192,83 Incluye transporte e IVA	\$20.997.248,216
Tuberías y accesorios (incluida instalación)	\$1.752,46	\$3.610.069**
Transporte (planta BIO3 y reactor – esterificación)	\$51.490	\$106.069.400
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 104.653,8</b>	<b>\$ 215.586.847,8</b>

\*Se utilizó una TRM de 2060 COP/USD

\*\* Rodar Ltda., IRM e Indco Ltda, Ver anexo VIII.

**Fuentes:** Autoras del estudio.

#### 6.4.2 COSTOS DE OPERACIÓN

- **Materia prima (grasa de pollo):** Se considera al costo de la materia prima como un costo de oportunidad, ya que esta grasa la vende Distraves S.A. para la industria de frituras a un precio de \$1.800 por kg, luego debe considerarse en la evaluación como un sacrificio en la venta de la grasa para usarla en la producción de biodiesel. También es importante considerar que en dicha empresa se vende la totalidad de la grasa obtenida de las vísceras, esto quiere decir, que se debe tener en cuenta el valor de la materia prima a un costo diferente de cero, a pesar de que pueda considerarse como un desecho o subproducto del sacrificio de pollos. El costo de la grasa de pollo fue proporcionado

por el Ingeniero Sergio Latorre – Director de Proyectos de la Empresa Distraves S.A.

- **Reactivos y catalizadores:** Para el establecimiento de la cantidad a utilizar de reactivos y catalizadores, las autoras se basaron en las pruebas a nivel de laboratorio realizadas a la materia prima, las cuales se mostraron en la tabla 15 del capítulo IV de este documento. Es importante aclarar que las cantidades de Ácido Sulfúrico, Metanol y Soda Cáustica requeridas para la producción de biodiesel en este análisis económico, se establecen a partir de proporciones directas de las pruebas del laboratorio. Es decir, no se consideró un escalado de los mismos para obtención a nivel industrial, ya que el presupuesto y alcances del proyecto, no permitieron realizar pruebas a nivel planta piloto que identifiquen sus factores de escalado.

Para el establecimiento de los costos del ácido sulfúrico y la soda cáustica se realizó una cotización con un laboratorio químico<sup>66</sup> reconocido de la ciudad de Bucaramanga, el costo del metanol (incluye iva y fletes) se cotizó en la empresa Inproquim de la ciudad de Medellín, la cual vende el reactivo a precio industrial. Dichos insumos se venden en cantidades limitadas y solo con permisos previamente establecidos, ya que estos por condiciones de orden público están controlados en su distribución y venta por el estado. Es importante aclarar, que debido a la restricción en la venta del ácido sulfúrico y la soda cáustica es para minoristas, lo cual es más costoso que comprar grandes cantidades para el procesamiento y de esta manera aprovechar economías de escala.

---

<sup>66</sup> Laboratorios León Ltda.

- **Mano de obra directa:** Para la operación de la planta se requieren dos operarios en turnos de 12 horas c/u, debido a que la planta funcionara los 7 días de la semana.
- **Mano de obra indirecta:** Para la supervisión y control del proceso productivo se necesita un ingeniero de planta y para las reparaciones y asistencia técnica de la planta se requiere de un técnico – mecánico.
- **Costos indirectos de fabricación:** Los servicios necesarios son los de energía eléctrica y agua, pero el segundo no se toma en cuenta para los costos indirectos debido a que la empresa Distraves S.A tiene una concesión de aguas con la CDMB, la cual no incrementa su costo por efectos del consumo adicional de la planta de biodiesel.

El costo de energía eléctrica de la planta teniendo en cuenta que la capacidad instalada es de 20kW y el precio es de 368 pesos/kWh, será de 3.532.800 pesos mensuales correspondientes a 16 horas de operación, en cada uno de los 30 días laborados en el mes.

### **6.4.3 GASTOS ADMINISTRACIÓN Y VENTAS**

Para el funcionamiento de la parte administrativa y comercial se requiere un Gerente administrativo – financiero, un jefe de ventas y compras, y una secretaria con énfasis en contabilidad.

En la tabla 22 se listan los costos y gastos de operación mensuales para el funcionamiento de la planta. Los datos sobre las cantidades que se requieren anualmen-



te de cada reactivo se calcularon basados en las proporciones a nivel de laboratorio y no a nivel escala para grandes producciones.

**Tabla 23.** Costos y gastos mensuales de operación

<b>COSTOS DIRECTOS</b>			
<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (COP)</b>	<b>Total (COP)</b>
Grasa de pollo	60.000,127 Kg/mes	1.800 \$/Kg	\$108.000.228,6*
Metanol	13.684,6 Lit./mes 10.810,83 kg/mes	1.150\$/Kg	\$12.432.454,5**
Acido Sulfúrico	68,423 Lit./mes	26.680 \$/gal	\$482.943,29***
Soda Cáustica	239,4805 Kg/mes	4.900 \$/Kg	\$1.173.454,45***
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 122.089.080,8</b>
<b>Mano de obra</b>	<b>No. de empleados</b>	<b>Horas trabajadas/mes</b>	<b>Salario en modalidad integral (COP)</b>
Directa	2 Operarios	270 (turnos de 9 horas)	\$1.800.000
Indirecta	1 Ingeniero de planta	192	\$2.500.000
	1 Técnico - mecánico	Según requerimiento	\$200.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$4.500.000</b>
<b>Servicio</b>	<b>Capacidad instalada</b>	<b>Costo kW/h</b>	<b>Total</b>
Energía eléctrica	20 kW	\$368	<b>\$3.532.800</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS Y VENTAS</b>			
Gerente administrativo y financiero	1	160 horas	\$3.500.000
Jefe de ventas y compras	1	192 horas	\$1.500.000
Secretaria	1	192 horas	\$600.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$5.600.000</b>
<b>TOTAL COSTOS Y GASTOS</b>			<b>\$ 135.721.880,8</b>

Fuentes: \*Empresa Distraves S.A,

\*\*Cotización empresa Inproquim Medellín. Ver anexo VIII.

\*\*Cotización de Laboratorios León Bucaramanga

#### 6.4.4 INGRESOS

Las ventas están determinadas de acuerdo a la cantidad estimada de producción de biodiesel a partir de una carga mensual de grasa de 68.423 litros mensuales, la cual será de 61.581 litros mensuales de biocombustible.

A partir de la circular para productores de biocombustible para uso en motores diesel (biodiesel), distribuidores mayoristas, minoristas y Ecopetrol S.A mostrada en el anexo X y emitida por el ministerio de minas y energía en conformidad con la política actual de precios del biodiesel del ministerio de agricultura y desarrollo rural, se estima que el precio en el mercado del galón de biodiesel sería de 6.463,43 pesos. Teniendo en cuenta que la capacidad de producción de biodiesel mensual es de 61.587 litros (eficiencia del 90%), el ingreso estimado para el primer mes de operación es de 105'307.741,6 pesos mensuales.

Además de la producción de biodiesel, se obtienen 6.160 litros mensuales equivalentes a 7.768 kg<sup>67</sup> mensuales de glicerol (glicerina en bruto) como subproducto derivado. Este tiene un precio en el mercado de 0,5 USD/kg<sup>68</sup> ; es decir, \$1.030<sup>69</sup> pesos. Teniendo en cuenta que no se realiza ninguna purificación del glicerol, se asume que solo el 80% de los 6.160 litros corresponden al glicerol y el 20% restantes lo conforman impurezas, exceso de catalizador y trazas de metanol. De esta manera se logra un ingreso adicional de \$5.075.840 pesos al mes.

---

<sup>67</sup> Se utilizó como base de cálculo una densidad de 1.261kg/m<sup>3</sup> para el glicerol.

<sup>68</sup> CASTAÑO MONTOYA, Dolly. La Importancia de los Subproductos Agrícolas en la Producción de los Biocombustibles: Estudio de casos del IBUN. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA. Colombia, Abril 2009.

<sup>69</sup> Se utilizó una TRM de 2060 COP/USD

**Tabla 24.** Ingresos esperados

<b>INGRESOS</b>	<b>PRECIO (COP)</b>
Biodisel	\$105.307.741,6
Glicerol	5.075.840
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 110.383.581,60</b>

Fuente: Autoras del proyecto de grado.

#### **6.4.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO**

Como se puede observar en los numerales anteriores, un análisis sin mucho detalle permite establecer como inviable el proyecto en las condiciones de análisis planteadas en este estudio, ya que los costos de operación superan en todo momento a los costos de producción en un valor mensual de \$25.338.299,24 pesos, sin considerar recuperación de la inversión. En este sentido, no es necesario realizar un flujo de caja para establecer la rentabilidad del proyecto, ya que solo con analizar los Ingresos vs. Costos de Operación se observa que los segundos son mayores que los primeros; y siempre será así, ya que las proporciones directas o mejor la relación lineal empleada entre insumos y producción, establecen que si se incrementa la producción en la misma relación se incrementarán los costos, manteniendo negativa la diferencia Ingreso-Costo de producción, lo cual impide la recuperación de la inversión.

Por ejemplo: si se considera el valor de las inversiones (P) en un monto de \$215.586.847,8 pesos y un periodo de 15 años para recuperar tal inversión (n), considerando además, una tasa de interés de oportunidad (i) igual a la DTF; que al momento de este estudio se encuentra en 5.02% e. a, se requeriría entonces una diferencia anual de entre ingresos y egresos del proyecto (A) dada por la siguiente ecuación financiera:

$$A = \frac{P * (1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$

Entonces:

$$A = \frac{215'586.847,8 * (1 + 0,0502)^{15} * 0,0502}{(1 + 0,0502)^{15} - 1} = 20'798.218,1$$

Lo anterior quiere decir que se requeriría en el año una diferencia bruta entre los ingresos (ventas de biodiesel y glicerol) y los egresos (costos operativos y gastos administrativos y de venta) de \$20.798.218 pesos o \$1.733.184,842 pesos mensuales para recuperar en 15 años la inversión, adicionalmente este valor fue calculado con la DTF que sería la menor tasa de interés de oportunidad posible. Lógicamente Distraves S.A. debe tener una tasa de interés de oportunidad muy superior a la DTF lo cual hace que en la ecuación anterior se requiera de mayor ingreso bruto anual para poder cubrir el costo de capital del inversionista. En el caso del proyecto los ingresos ni siquiera superan los costos de la materia prima.

Como conclusiones de este análisis y consideraciones para estudios económicos posteriores se puede establecer lo siguiente a fin de posibilitar la viabilidad del proyecto:

- El principal factor por el cual no es rentable el proyecto es el elevado precio de la grasa de pollo, que corresponde al 78% de los costos totales del proceso. Los ingresos mensuales nunca sobrepasan el valor de los costos y gastos del proyecto. Esto es debido al alto costo de oportunidad de la grasa del pollo, cuyo precio es relativamente elevado dado su uso en la industria alimenticia. No obstante, se podría analizar la posibilidad de usar una grasa más económica

(sin tratar) resultado del procesamiento del pollo y compuesta de grasa abdominal, la cual se utiliza en producción de alimento concentrado para animales (no evaluada en laboratorio dentro de este estudio).

- Otro aspecto a destacar sería la obtención de un equipo de refinación del glicerol producido, puesto que el precio por galón refinado de dicho subproducto, es notablemente superior que el precio del glicerol sin refinar, se podría aumentar la componente de ingresos.
- Al utilizar el método de proporciones directas a partir de datos de laboratorio, no se tienen en cuenta factores de escalado a nivel planta industrial. Estos factores de escalado, podrían establecer de una manera más real los costos de producción relacionados con reactivos y catalizadores. Por ejemplo, a nivel industrial se emplearían menores cantidades de reactivo debido a que se mantiene un control semi - automatizado de la temperatura lo cual evita que el metanol se evapore antes de reaccionar. Así mismo, el exceso de metanol puede ser reutilizado mediante el proceso de recuperación en planta de producción.
- Dado que la cantidad de biodiesel producido es baja comparada con el tamaño de la menor planta fabricada comercialmente en el mercado, empleada en este análisis; sería recomendable estudiar el efecto de las economías de escala, considerando una producción diaria a la capacidad nominal de la planta, con el fin de reducir costos de producción por unidad de producto. Esto requeriría realizar un estudio tendiente a la creación de un centro de acopio de grasa de las diferentes procesadoras de pollo en la región.
- El gobierno Colombiano para fomentar el crecimiento de la industria ha expedido las Leyes 788 de 2002 y 939 de 2004 que establecen exenciones

tributarias con el propósito de fomentar la producción y el consumo de biocombustibles. Adicionalmente, el Decreto 383 de 2007, modificado parcialmente por el Decreto 4051 de 2007, establece estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles. Como complemento de lo anterior, la Ley 1111 de 2006 establece una deducción del impuesto de renta del 40% de las inversiones (teniendo en cuenta que el impuesto de renta para el año 2009 es del 33%), en activos fijos reales productivos en proyectos agroindustriales, incluyendo leasing financiero.

- La materia prima tiene la mayor incidencia en los costos y de allí que es esencial establecer mecanismos que amortigüen los cambios en los precios así como buscar fuentes alternativas de suministro más económico que no afecten la producción del biodiesel a comparación con el diesel proveniente del petróleo.

## CONCLUSIONES

Como se ha observado a lo largo del proyecto de grado, el biodiesel se ha convertido en una fuente de energía importante en estos tiempos. La causa de este hecho data en que este biocombustible no contiene azufre y produce una menor contaminación que el uso del diesel, disminuyendo la cantidad de hidrocarburos no quemados, hidrocarburos aromáticos y las emisiones de partículas como en monóxido de carbono.

Un factor relevante del uso del biodiesel es que alarga la vida de los motores, además posee un punto de inflamación más elevado (150°C) que el diesel del petróleo (50°C), lo que supone una medida de mayor seguridad.

Se determinó, que al poseer la materia prima un alto contenido de ácidos grasos es necesario realizar dos procesos combinados (esterificación – transesterificación) para la obtención de biodiesel. Dependiendo del porcentaje de AGL, el proceso de esterificación se puede realizar en varias etapas hasta lograr una disminución de menos del 5%.

Es de mayor conveniencia la utilización de metanol como reactivo, ya la reacción del metanol con los triglicéridos es superior en la formación de metilésteres.

En la elección del catalizador se concluyó que la soda cáustica es el más recomendable en este tipo de procesos, debido a actúa de manera rápida y en condiciones estándar. Se debe tener claro que no se debe exceder en su uso para que no se presenten reacciones de saponificación y geles durante la decantación.

En el proceso de esterificación se debe utilizar un ácido homogéneo en este caso ácido sulfúrico puesto que es capaz de esterificar ácidos grasos, tiene un proceso de purificación más simple y no forma jabones en la reacción; por el contrario, la velocidad de reacción es más baja respecto a otros catalizadores.

La importancia de la agitación y la temperatura en el proceso es fundamental debido a que si se mantiene una temperatura dentro de los rangos establecidos se asegura que no se produzca una cantidad mayor de AGL de los que ya contiene la materia prima. La agitación debe realizarse de manera uniforme para que se produzca una reacción completa.

Los resultados de las pruebas de calidad practicadas al biodiesel obtenido arrojaron buenos resultados, pariendo de hecho que no se contó con un equipo que pudiera purificarlo, lo cual hubiera permitido un mayor alcance en referencia a las normas ASTM.

El exceso de metanol presente en las reacciones de esterificación y transesterificación influyó de manera directa en el resultado del punto de inflamación del biodiesel, debido a que el metanol posee un punto de inflamación inferior al del biodiesel.

Debido a que no se contó con un laboratorio debidamente equipado el biodiesel producido no presentó los resultados esperados en las pruebas de calidad que se le practicaron, las siguientes son las causas de que dichos resultados no estén dentro de los límites establecidos: no se realizó la recuperación del metanol en exceso y Faltó purificar el biodiesel para retirar trazas de reactivos y catalizadores

A la hora de realizar el proceso a nivel industrial, se escogió una planta que cumpliera con todos los requerimientos técnicos del proceso, de esta misma manera



se tuvo en cuenta que la planta seleccionada no requiere que el biodiesel sea lavado con agua, lo cual disminuye la producción de contaminantes porque no se producen efluentes ayudando en la contribución de un ambiente más limpio, también es importante que la planta puede realizar el proceso tipo batch que permiten realizar modificaciones posteriores si se aumenta el nivel de producción.

En referencia a aspectos económicos se ha concluido que el proyecto no es viable ya que como se mencionó en el numeral 6.4.4 los costos de operación superan los costos de producción. El precio de oportunidad de la materia prima y el elevado costo del metanol incrementan los costos de operación del proyecto.

## RECOMENDACIONES

- Para el proceso de obtención de biodiesel es necesario caracterizar la materia prima a ser utilizada, realizar el perfil de ácidos grasos para conocer su composición y determinar la calidad de la misma. Esto con el fin de definir el procedimiento más adecuado para su transformación en biodiesel.
- Se debe retirar cualquier contenido de impurezas y agua que pueda contener la materia prima, para evitar reacciones incompletas o de saponificación.
- Cuando la materia prima contiene altos índices de ácidos, es recomendable utilizar el método de esterificación - transesterificación utilizando catalizador ácido en la primera etapa para neutralizar los AGL presentes y catalizador básico en la segunda etapa para lograr una mayor conversión.
- En la fase de esterificación y transesterificación es recomendable utilizar temperaturas bajas (mínimo de 35°C), debido al punto de ebullición que posee el metanol reactante de las reacciones.
- Para tener resultados más certeros en las pruebas de calidad es necesario que en cada reacción del proceso se recircule el metanol en exceso para prevenir que influya en las pruebas de calidad. De la misma manera es fundamental realizar en la parte final una purificación del biodiesel para retirar sedimentos, agua y exceso de catalizador o reactivos que se puedan presentar.
- Es conveniente realizar un estudio de pre - factibilidad sobre las posibilidades de producción de biodiesel a partir de la grasa abdominal de pollo, cuyo valor en el mercado es menor al de la grasa de vísceras.
- Se recomienda la posibilidad de desarrollar un estudio técnico-económico utilizando otras materias primas (i.e. grasa bovina, aceites usados, etc) para que el proyecto pueda llegar a ser viable.

- Para futuros estudios sería de gran aporte cuantificar las cantidades de metanol, catalizador y glicerina en el biocombustible, al igual que realizar todas las pruebas de calidad tanto al biodiesel como a la materia prima.
- La glicerina que se obtiene en el proceso es de baja pureza por lo que se requiere de un proceso de purificación para ser vendida en la industria, esto con el fin de obtener un ingreso adicional que soporte financieramente el proyecto.

## BIBLIOGRAFIA

ADDISON, Keith. Journey to forever. Has tu propio Biodiesel [En línea]. Hong Kong. 23 de abril de 1999 [citado en Abril 16 de 2007] disponible en: <http://journeytoforever.org/>.

Agroindustria de la palma de aceite. [En línea]. Fedepalma -Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Colombia, 2008. [Citada en Mayo 5 de 2007]. Disponible en internet: [www.fedepalma.org/pyr.htm](http://www.fedepalma.org/pyr.htm)

AGROMEAT [En línea]. Crece la producción de biodiesel en el mundo. Argentina. 3 de marzo de 2008 [citado en Noviembre 8 de 2008]. Disponible en internet: [www.agromeat.com](http://www.agromeat.com).

AMADO G., Eliseo; VILLAMIZAR, Álvaro; GAFARO, Alexis. Evaluación del proceso de producción de biodiesel a partir de grasas amarillas con altos contenidos de ácidos grasos libres, Bisuta: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, Colombia, 2005.

Biodiesel, energía renovable para el mundo.. [En línea]. Colombia: 2006. [Citada en Mayo 5 de 2007]. Cartilla Biodiesel (Fedepalma) Disponible en Internet: [www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org)

BOEHMAN, André. L. Biodiesel production and processing. Fuel Processing Technology, vol. 86 (no.10). The Pennsylvania State University. United States. Jun 2005. p.1057-1058.

BOYD, M., MURRAY-HILL, A., Schaddelee, K. 2004. Biodiesel in British Columbia. WISE Energy Co-op / Eco-Literacy Canada. Feasibility Study Report. Canada, 2004. p126.

CASTAÑO MONTOYA, Dolly. La Importancia de los Subproductos Agrícolas en la Producción de los Biocombustibles: Estudio de casos del IBUN. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA. Colombia, Abril 2009.

CASSMAN, Kenneth G. Climate Change, Biofuels, and Global Food Security. Environ. Res. Lett., 2 (1), p.011002, Mar 2007.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 693 (19, septiembre, 2001). Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2001. no.44564.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 939 (21, diciembre, 2004). Por la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2004. no.45778.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTA, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 1289 (7, septiembre, 2005) Por la cual se modifica la resolución 898 de 1995. Bogotá D.C.: Ministerio, 2005.

COLOMBIA. CAMARA DE REPRESENTANTES. Proyecto de ley 048 (26, abril, 2005). Por la cual se expiden normas sobre biocombustibles renovables y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: La Cámara, 2006.

DEMIRBAS, Ayhan. Progress and recent trends in biofuels. Progress in Energy and Combustion Science 33. Selcuk University, Department of Chemical Engineering, ScienceDirect. Kenya, Turkey. 22 August 2006. (1), p.1-18, Feb 2007.

Documento, Estado del arte de las tecnologías de producción del biodiesel [En línea]. p 357. CORPODIB (Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología y producción limpia).Colombia enero de 2003. [Citado en Abril 16 de 2009]. Disponible en internet: [www.corpobid.com](http://www.corpobid.com).

F:O:LICHT Producción mundial biodiesel crecerá un 12 pct al año. [En línea] Biodisol. Argentina, agosto 27 de 2008 [citado en Noviembre 20 de 2008] Disponible en: [www.biodisol.com](http://www.biodisol.com).

GARCIA CAMÚS, Juan Manuel y GARCÍA LABORDA, José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Ríus y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.36 y 37.

GALVIS APONTE, Luis Armando. “La demanda de carnes en Colombia: Un análisis econométrico” No. 13. Banco de la República. Cartagena, Enero, 2000. p. 2-18.

HAAS, Michael. J. Improving the economics of biodiesel production through the use of low value lipids as feedstocks: vegetable oil. Fuel Processing Technology, vol. 86 (no.10), Elsevier Science, Amsterdam, Jun, 2005. p.1087-1096.

HERVÉ LAMOUREUX, Jérôme. Diseño conceptual de una planta de biodiesel. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Mecánica. Santiago de Chile. 2007. p. 44 – 45.

KAFAROV, Viatchelsav, *et al.* Diseño de producción conjunta biodiesel – bioetanol. Editado por la Universidad Industrial de Santander (UIS). Revista Energía y Computación Vol. 15 No. 1. Colombia, Junio de 2007 p. 10.

Los biocombustibles: situación actual, análisis y perspectivas de la producción en mercosur y del comercio con la UE [En Línea]. RUBIO, Gustav,; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia, 2005. [Citada en Mayo 5 de 2007]. Disponible en Internet:

[www.fao.org/sd/dim\\_en2/docs/working1\\_es.doc](http://www.fao.org/sd/dim_en2/docs/working1_es.doc)

Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2005. Conferencia dictada por la Ing. Larissa Chimán, Técnicas analíticas para la caracterización de biocombustibles, Diplomado Internacional en Mercado, Ciencia y Tecnología de los Biocombustibles, UNAB, Colombia, 2008.

MOJICA PIMIENTO, Amilcar y PAREDES VEGA, Joaquin. Ensayos sobre Economía Regional. Características del sector avícola Colombiano y su reciente evolución en el departamento de Santander. Centro regional de Estudios Económicos de Bucaramanga. Colombia: 2005.

Nueva Legislación Alemana sobre biocombustibles BidoeselSpain.com [En línea], Centro de debate y MarketPlace de Biocombustibles. España julio de 2006. [Citada en Marzo 10 de 2007]. Disponible en internet: [www.bodieselspain.com](http://www.bodieselspain.com).

RAJAGOPAL, D.; ZIBERMAN, D. Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels, Policy Research working paper no. WPS 4341 (worldbank database) 2007/09/01, (109 p).

Revista Virtual PRO Procesos Industriales. I Seminario – Taller Biocombustibles Biodiesel – Bioetanol. Editorial: VIRTUALPRO®. p. 8. Bogotá, Colombia, 2007.

Tablas FEDNA 2003. [En Línea]. FEDNA - Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. España: 2005. . [Citada en Mayo 5 de 2007]. Disponible en Internet: [www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasa\\_pollo.htm](http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasa_pollo.htm)

Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas.ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Sexta Actualización. Bogotá D. C. ICONTEC. 2008. 126 p. NTC 1486, 1487, 1075, 4490, 5613.

Potencial del Biodiesel en Brasil. [En línea]. BioDieselSpain.com. Centro de debate y MarketPlace de Biocombustibles. España, Marzo 2 de 2007. ). [Citada en Noviembre 22 de 2008]. Disponible en internet: [www.biodieselspain.com](http://www.biodieselspain.com).

Producirán biodiesel con grasa de pollo. [En línea]. Artículo publicado en el diario digital Adnmundo.com. Agencia Digital de Noticias S.A. Colombia: 2006. [Citada en Marzo 10 de 2007]. Disponible en Internet [www.adnmundo.com/contenidos/energia/brasil\\_biodiesel\\_biocombustibles\\_pollo\\_grasa\\_in\\_versiones\\_en\\_0410.html](http://www.adnmundo.com/contenidos/energia/brasil_biodiesel_biocombustibles_pollo_grasa_in_versiones_en_0410.html)

Proceso para la producción de BIODIESEL (metilester o esteres metílicos de ácidos grasos). [En línea]. Autor: Ing. Rodolfo J. Larosa. Marzo, 2001. [Citada en Febrero 3 de 2007] Disponible en internet: [www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie\\_lar/biodie\\_lar.htm](http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/biodie_lar/biodie_lar.htm)



POULTRY BYPRODUCTS: FUEL FOR TOMORROW: CHICKEN FAT CONVERTED TO BIODIESEL. Tulsa World. Feb. 4 2007 p. 5 . [Citada en Febrero 4 de 2009].

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS AFFECTING THE CETANE NUMBER OF BIODIESEL. Kapila Wadumesthrige; Jeremiah C Smith; John R Wilson; Steven O Salley; K Y S. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society; Nov 2008; 85, 11; ProQuest Science Journals pg. 1073. [Citada en Febrero 4 de 2009].

ZINOVIEV, Sergey, *et al.* Biofuel Production Technologies – Background Paper. Edited by the International Centre for Science and the High Technology and United Nations Industrial Development Organization. Italy, 2007, p106.

## ANEXOS

### ANEXO I DESCRIPCION DEL PROCESO DE BENEFICIO DE AVES

#### ➤ **Captura y transporte de aves vivas a la planta**

Esta etapa del proceso se realiza en la granja. La forma tradicional de realizarlo consiste en encerrar un lote de aves con el uso de vallas. Los trabajadores ingresan y toman las aves por las patas, tomando entre 4 y 5 en cada mano. Caminan en medio del lote, suben al camión y las depositan en los guacales.

Esta actividad también se puede realizar en forma automática, tal como se observa en países desarrollados. Por ejemplo, en Inglaterra y en menor medida en Norteamérica, las aves se capturan con una máquina parecida a las empleadas para la recolección de sorgo o maíz, en donde el tambor de la misma está provisto de dedos de caucho muy suaves que invitan a las aves a entrar a un depósito sin causarles ningún tipo de lesión. Este pequeño tractor adaptado, puede recoger hasta 6.000 aves/hora, lo que lo constituye en una buena alternativa para el manejo de grandes volúmenes.

Una vez lleno el compartimiento sale del galpón y lo descarga delicadamente en una tolva que alimenta una banda transportadora, la cual va colocando suavemente los animales en cada compartimiento de los contenedores de acuerdo con la cantidad que se programe previamente. Este sistema tiene la singular característica de que ninguna persona toca las aves. Por el monto de su inversión, aún no se ha comercializado en América Latina, donde la mano de obra es económica y relativamente eficiente en esta labor.

El transporte de las aves se realiza en jaulas plásticas individuales o en grupos de contenedores (módulos) los cuales tienen un sistema de gavetas. Dependiendo del sistema que se utilice, su manejo en granjas o en las plantas será manual o automático, empleándose para este último montacargas o elevadores que en algunos casos son transportados en el mismo camión.

### ➤ **Recepción y colgado**

En el proceso de descargue donde se procesan grandes volúmenes, se emplea el sistema de contenedores, los cuales son desocupados automáticamente de manera tan cuidadosa que las aves caen a una banda transportadora que las conducen al sitio de enganche.

En el país existen dos formas de capturar las aves vivas antes de ser colgadas en el transportador aéreo: una consiste en sacarlas de las jaulas cogiéndolas por las patas, y la otra, en tomarlas de un área donde se encuentran a granel.

### ➤ **Insensibilización**

Este procedimiento previo a la matanza, consiste en crear un estado de inconsciencia en las aves y se lleva a cabo por varias razones:

- Mantenerlas inmovilizadas para que el sacrificio se haga con facilidad y precisión.
- Disminuir el dolor que sienten los animales durante la matanza.
- Reducir el stress que se origina durante el proceso de desangre.
- Lograr un continuo estado de quietud durante el desangre. Esto es, suprimir el aleteo característico en las aves no aturdidas.

- Disminuir el tiempo de desangre, ya que las aves permanecen inmóviles durante el recorrido por el túnel.

Actualmente el método generalizado para insensibilizar las aves consiste en hacer pasar su cabeza a través de un depósito que contiene agua con sal electrificada. La tensión eléctrica variará dependiendo del tamaño de las aves, pero el promedio usual es de 20 a 40 voltios durante 10 segundos aproximadamente.

En muchos países donde se procesan grandes volúmenes de aves, se ha venido utilizando el aturdimiento con una mezcla de oxígeno, gas carbónico, nitrógeno y argón combinados en distintos porcentajes.

Con este método se disminuyen los huesos rotos, hay menos hemorragias y reducción de los daños en las alas. En consecuencia, los rechazos de calidad se disminuyen ostensiblemente.

#### ➤ **Sacrificio y desangre**

En el país existen varios métodos para realizar la matanza de las aves. Entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- Corte con cuchillo de la vena yugular de un solo lado del cuello sin interrumpir el ligamento entre la cabeza, la tráquea y el esófago. Este método es el más generalizado en el área industrial.
- Incisión transversal muy cerca del oído practicada con un cuchillo de hoja delgada y de doble filo (tipo puñal), que pasa entre la tráquea y la parte trasera de las vértebras del cuello.
- Introducción de un cuchillo por la boca para cortar las dos venas yugulares. Este método tiene la ventaja de no afectar la presentación exterior del cuello.

- Decapitación.
- Dislocamiento del pescuezo, el cual es un procedimiento doméstico.

Una vez sacrificadas, las aves inician su proceso de desangre. En el área industrial, esta actividad se realiza en un estado de quietud y verticalidad, debido a que han sido aturcidas previamente. La sangre representa aproximadamente el 7% del peso vivo de las aves.

#### ➤ **Escaldado y desplume**

El escaldado consiste en humedecer las plumas y aflojar los folículos de las mismas mediante el uso de agua caliente. El tiempo de escaldado normalmente utilizado en las plantas oscila entre 1,5 y 3,5 minutos.

El proceso de desplumado es rápido (entre 20 y 40 segundos), y consiste en remover todas las plumas de las aves sin causarle maltrato alguno a la piel. En las plantas industriales el proceso lo realizan dedos de caucho fabricados de un material suave, y provistos de una serie de ranuras concéntricas, los cuales son permanentemente humedecidos, para que el calor no los caliente excesivamente hasta cristalizarlos, y para mantener las ranuras despejadas y así facilitar el retiro de las plumas.

#### ➤ **Evisceración**

Este proceso consiste en realizar una serie de operaciones previamente ordenadas, con el fin de extraer los órganos internos de las aves. En Colombia, al igual que en la mayoría de los países latinoamericanos, esta operación se efectúa manualmente, debido a que las cantidades de aves por hora procesadas son pequeñas comparadas con las de países desarrollados como Estados Unidos y Europa,

donde la mano de obra es costosa y procesan a diario grandes volúmenes de aves. Por tanto, en las plantas de estos países la evisceración se realiza en un alto porcentaje de manera automática, con el fin de realizar un trabajo eficiente con la menor cantidad de mano de obra posible.

Las vísceras no vendibles, esto es, intestinos, buche, sangre, pulmones y plumas, que representan casi el 15% del peso del pollo vivo, tienen un valor nutricional que se aprovecha en su totalidad. Para tal efecto, son procesadas (deshidratadas) para obtener una harina que se mezcla con otras materias primas para la fabricación de alimento concentrado o pienso.

### ➤ **Enfriamiento, escurrido y empaque**

El método más comúnmente utilizado por las plantas de beneficio para el enfriamiento de la canal, es la inmersión en agua helada con hielo, ya que es el más económico y eficiente. En el proceso las aves se introducen en un recipiente (chiller) que contiene agua helada o con hielo por espacio de 30 a 45 minutos aproximadamente, tiempo durante el cual son sometidas a una agitación permanente para que su enfriamiento sea homogéneo y constante.

Una vez la canal sale del enfriador, es colocada inmediatamente por uno de sus muslos o alas en los ganchos del transportador aéreo de escurrimiento, con el propósito de lograr que drene parte del agua que se halla depositada en los bolsillos que se forman en la cavidad abdominal y la piel, así como también entre ésta y la carne.

Las canales enteras al igual que las menudencias son empacadas en bolsas de polietileno, siendo el sistema de empaque manual el más generalizado por su bajo monto de inversión en equipos. Consiste en que un operario toma los pollos y los

pasa a través de un embudo, otro coloca la bolsa en el extremo y, por último, un tercero engrapa o anuda manualmente el empaque.

### ➤ **Desprese de aves**

El desprese puede realizarse en la planta de beneficio o en salas independientes, las cuales normalmente se encuentran a una temperatura ambiente por debajo de los 12<sup>0</sup>C, para no romper la cadena de frío, que se inicia en el momento en que las canales salen del chiller.

En el desarrollo del mercado de pollo en el país, se ha generalizado el corte o trozamiento de las carcasas. El objetivo de esta operación es desprezar las carcasas lo más anatómicamente posible, con el fin de evitar vender partes de mayor precio a uno menor. Se presta especial cuidado a aquellas presas próximas a la pechuga, que es la parte del ave que tiene mayor valor comercial. Las presas se ofrecen a granel en bolsas plásticas o en bandejas de icopor (charolas).

Enseguida, las bandejas o bolsas selladas se embalan en canastillas plásticas para su pesaje y posterior envío a los túneles de congelación o cuartos de refrigeración. Con menor frecuencia se utilizan canastillas metálicas, pero en algunas plantas se emplean de ambos materiales.

## ANEXO II LEYES SOBRE BIOCOMBUSTIBLES

El gobierno Colombiano promueve el uso de los biocombustibles en Colombia, para el caso del biodiesel se establecen las leyes 693 de 2001 y la ley 939 de 2004 al igual que se establece el Proyecto de ley 048 de 2005.

### LEY 693 DE 2001

(septiembre 19)

Diario Oficial No. 44.564, de 27 de septiembre de 2001

Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.

EL CONGRESO DE COLOMBIA

DECRETA:

**ARTÍCULO 1o.** A partir de la vigencia de la presente ley, las gasolinas que se utilicen en el país en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes tendrán que contener componentes oxigenados tales como alcoholes carburantes, en la cantidad y calidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía, de acuerdo con la reglamentación sobre control de emisiones derivadas del uso de estos combustibles y los requerimientos de saneamiento ambiental que establezca el Ministerio del Medio Ambiente para cada región del país. En los centros urbanos de menos de 500.000 habitantes, el Gobierno podrá implementar el uso de estas sustancias. Ello sin perjuicio de las demás obligaciones que sobre el particular deban obser-



varse por parte de quienes produzcan, importen, almacenen, transporten, comercialicen, distribuyan o consuman gasolinas motor y/o combustible diesel en el país. Si el oxigenado a utilizar es Etanol carburante éste podrá ser utilizado como combustible.

PARÁGRAFO 1o. El combustible diesel (o aceite combustible para motores – ACPM), podrá contener como componente oxigenante Etanol carburante en la cantidad y calidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía, de acuerdo con la reglamentación sobre control de emisiones derivadas del uso de este combustible y los requerimientos de saneamiento ambiental que para cada región del país establezca el Ministerio del Medio Ambiente.

PARÁGRAFO 2o. Para la implementación de esta norma, establécense los siguientes plazos:

Seis (6) meses, a partir de la vigencia de la presente ley, para que el Ministerio de Medio Ambiente establezca la regulación ambiental respectiva.

Seis (6) meses, a partir de la presente ley, para que el Ministerio de Minas y Energía establezca la regulación técnica correspondiente, especialmente en lo relacionado con las normas técnicas para la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes.

Cinco (5) años, a partir de la vigencia de la presente ley, para que, en forma progresiva, se implemente la norma, iniciando por los centros con mayor densidad de población y de mayor contaminación atmosférica. El Ministerio de Minas y Energía hará la correspondiente reglamentación. Este plazo puede ser prorrogable hasta por un año, mediante decreto del Gobierno Nacional, con previo concepto de los Ministerios de Hacienda, Medio Ambiente, Minas y Energía, Agricultura y Comer-

cio Exterior, siempre que medien razones de fuerza mayor o conveniencia nacional.

**ARTÍCULO 2o.** La producción, distribución y comercialización de los alcoholes no potables estarán sometidas a la libre competencia, y como tal, podrán participar en ellas las personas naturales y jurídicas de carácter público o privado, en igualdad de condiciones, quedando derogada la autorización conferida por el artículo 11 de la Ley 83 de 1925.

PARÁGRAFO 1o. Exceptúanse la producción, distribución y comercialización del alcohol etílico potable con destino a la fabricación de licores, actividades éstas que constituyen el monopolio rentístico de los entes departamentales.

PARÁGRAFO 2o. La mezcla de etanol carburante con el combustible base, será responsabilidad de los distribuidores mayoristas de combustibles para lo cual el Gobierno establecerá la reglamentación respectiva.

PARÁGRAFO 3o. No se deberá transportar Etanol carburante ni mezclas que lo contengan, a través de poliductos que transporten otros productos derivados del petróleo cuya calidad pueda ser deteriorada por la presencia del alcohol carburante.

**ARTÍCULO 3o.** Considérase el uso de Etanol carburante en las Gasolinas y en el combustible Diesel, factor coadyuvante para el saneamiento ambiental de las áreas en donde no se cumplen los estándares de calidad, en la autosuficiencia energética del país y como dinamizador de la producción agropecuaria y del empleo productivo, tanto agrícola como industrial.

Como tal recibirá tratamiento especial en las políticas sectoriales respectivas.

**ARTÍCULO 4o.** La presente ley rige a partir de su promulgación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

El Presidente del honorable Senado de la República,  
CARLOS GARCÍA ORJUELA.

El Secretario General del honorable Senado de la República,  
MANUEL ENRÍQUEZ ROSERO.

El Presidente de la honorable Cámara de Representantes,  
GUILLERMO GAVIRIA ZAPATA.

El Secretario General de la honorable Cámara de Representantes,  
ANGELINO LIZCANO RIVERA.

REPUBLICA DE COLOMBIA – GOBIERNO NACIONAL  
PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE.

Dada en Bogotá, D. C., a 19 de septiembre de 2001.

ANDRES PASTRANA ARANGO

El Ministro de Minas y Energía,  
RAMIRO VALENCIA COSSIO.

El Ministro del Medio Ambiente,  
JUAN MAYR MALDONADO.

## LEY 939 DE 2004

(diciembre 31)

Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

**Artículo 1°.** Considérase exenta la renta líquida generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento en cacao, caucho, palma de aceite, cítricos, y frutales, los cuales serán determinados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La vigencia de la exención se aplicará dentro de los diez (10) años siguientes a la promulgación de la presente ley.

**Artículo 2°.** La exención descrita en el artículo anterior será para la palma de aceite, cacao, caucho, cítricos y demás frutales por un término de diez (10) años contados a partir del inicio de la producción.

Parágrafo. Los cultivos que se hayan establecido a partir de la vigencia de la Ley 818 de 2003, gozarán de las exenciones establecidas en el presente artículo.

**Artículo 3°.** Para tener acceso a la exención se requiere que las nuevas plantaciones sean registradas ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y se

exigirá que los beneficiarios lleven registros contables independientes que permitan determinar la renta sobre la que se otorgará la exención.

Los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y de Protección Social evaluarán anualmente el impacto económico que generen las nuevas plantaciones.

Las plantaciones que se beneficien con esta exención, no podrán ser beneficiadas con otros programas financiados por recursos públicos.

**Artículo 4°.** Modifícase el artículo 424 del Estatuto Tributario para excluir la partida arancelaria 10.01 trigo y morcajo (tranquillón).

**Artículo 5°.** Modifícase el artículo 468-1 del Estatuto Tributario para incluir la partida arancelaria 10.01 el trigo y morcajo (tranquillón), el cual quedará gravado a la tarifa del siete por ciento (7%).

**Artículo 6°.** Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley se entiende por Biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel aquel combustible líquido o gaseoso que ha sido obtenido de un vegetal o animal que se puede emplear en procesos de combustión y que cumplan con las definiciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente, destinados a ser sustituto parcial o total del Acpm utilizado en motores diesel.

Al menos los productos listados a continuación pueden considerarse biocombustibles para motores diesel:

Bioetanol. Etanol producido de biomasa y/o de residuos biodegradables para ser utilizado como biocombustible;

Biodiesel. Metil/Etil éster producido por aceite vegetal o animal de la calidad de un diesel;

Biometanol. Metanol producido a partir de Biomasa.

Biodimetileter. Dimetileter producido a partir de biomasa;

Biocombustibles sintéticos. Hidrocarburos sintéticos o mezclas de los mismos que han sido producidos a partir de biomasa;

Biohidrógeno. Hidrógeno producido de biomasa y/o residuos biodegradables.

Aceites Vegetales Puros. Aceites producidos de vegetales a través de presión, extracción o procedimientos similares, crudos o refinados, pero no modificados químicamente cuando son compatibles con el tipo de motores en los que se utilizarán.

**Artículo 7°.** A partir de la fecha señalada en la reglamentación de la presente ley, el combustible diesel que se utilice en el país podrá contener biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Parágrafo. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural fomentará la producción de oleaginosas que se requieran como materia prima para la obtención de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel.

**Artículo 8°.** Adiciónase el artículo 477 del Estatuto Tributario con el siguiente inciso:

El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diesel de producción Nacional con destino a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto a las ventas.

**Artículo 9°.** El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diesel de producción nacional que se destine a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto global al ACPM.

**Artículo 10.** La presente ley rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

El Presidente del honorable Senado de la República,  
Luis Humberto Gómez Gallo.

El Secretario General del honorable Senado de la República,  
Emilio Ramón Otero Dajud.

La Presidenta de la honorable Cámara de Representantes,  
Zulema del Carmen Jattin Corrales.

El Secretario General (E.) de la honorable Cámara de Representantes,  
Jesús Alfonso Rodríguez Camargo.

REPUBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL

Publíquese, y ejecútese.

Dada en Bogotá, D. C., a 31 de diciembre de 2004.

ÁLVARO URIBE VÉLEZ

El Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural,  
Carlos Gustavo Cano Sanz.

## PROYECTO DE LEY 048 DE 2005

Articulado aprobado en sesión de la comisión quinta de la cámara de representantes el día miércoles 26 de abril de 2.006

Proyecto de ley 048 de 2005 senado, 251 de 2005 cámara “por la cual se expiden normas sobre biocombustibles renovables y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo y se dictan otras disposiciones”.

El congreso de Colombia

DECRETA:

**Artículo 1o.** Declárese de interés público, social y de conveniencia nacional la investigación, producción y uso de combustibles renovables de origen biológico nacional en todo el territorio Colombiano.

**Artículo 2o.** Para los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles aquellos combustibles líquidos que han sido obtenidos de biomasa y que se pueden emplear en procesos de combustión y que cumplan con las definiciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente, destinados a ser sustitutos de manera total o complementaria de los combustibles de origen fósil.

**Artículo 3o.** Los Ministerios de Minas y Energía, Agricultura y Desarrollo Rural y Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de acuerdo con sus competencias, serán las Entidades responsables de promover, organizar, reglamentar, implementar y asegurar el desarrollo y seguimiento de los programas en la utilización de los combustibles de origen biológico, de acuerdo con lo dispuesto en la presente Ley.



**Artículo 4o.** Todos los proyectos que gocen de los beneficios que se prevén en la presente Ley deberán cumplir con los siguientes parámetros:

Que se instalen en el territorio de la Nación Colombiana y sus operaciones de producción sean igualmente dentro del territorio Colombiano.

Que se integren en un mismo proceso todas o algunas de las etapas industriales para la producción de biocombustibles.

Que se cumplan todos los requisitos establecidos por la autoridad competente, previos a la aprobación del proyecto por parte de ésta y durante la vigencia del beneficio.

Que garantice la generación de nuevos empleos y el respeto a las normas de la legislación laboral y a los convenios internacionales sobre la materia

**Artículo 5o.** Con el propósito de mejorar la calidad del combustible diesel que se utilice en el país, el Gobierno Nacional reglamentará sobre el uso de biocombustibles de acuerdo con los requisitos de calidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía, de acuerdo con la reglamentación sobre control de emisiones derivadas del uso de estos combustibles y los requerimientos para el saneamiento ambiental que establezca el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ello sin perjuicio de las demás obligaciones que sobre el particular deban observarse por parte de quienes produzcan, exporten, almacenen, transporten, comercialicen, distribuyan o consuman biocombustibles en el país.

Parágrafo 1o. En la producción de biocombustibles, de que trata la presente ley, se deberán utilizar aceites vegetales o animales, el etanol y/o metanol logrado de

la biomasa, según los requisitos de calidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía.

Parágrafo 2o. Para la implementación de esta norma, establézcanse los siguientes plazos:

Dieciocho (18) meses, a partir de la vigencia de la presente ley, para que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial establezca la regulación ambiental respectiva.

Dieciocho (18) meses, a partir de la presente ley, para que el Ministerio de Minas y Energía establezca la regulación técnica correspondiente, especialmente en lo relacionado con las normas técnicas para la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de biocombustibles de origen biológico, así como los parámetros básicos.

Cuatro (4) años, a partir de la vigencia de la presente ley, para que en forma progresiva se implemente la norma, iniciando por los centros con mayor densidad de población y contaminación atmosférica. El Ministerio de Minas y Energía expedirá la correspondiente reglamentación. Este plazo puede ser prorrogable hasta por dos (2) años, mediante decreto del Gobierno Nacional, con previo concepto de los Ministerios de Hacienda, Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Minas y Energía, Agricultura y Comercio Exterior, siempre que medien razones de fuerza mayor o conveniencia nacional.

**Artículo 6o.** Con el objeto de que haya equidad en la producción, distribución y comercialización de los biocombustibles, estos estarán sometidos a un régimen de libre mercado con regulación y vigilancia estatal y como tal podrán participar en

ella las personas naturales y jurídicas de carácter público o privado, en igualdad de condiciones.

**Artículo 7o.** Considerase el uso de combustibles de origen biológico como factor coadyuvante para el mejoramiento ambiental global y local en la autosuficiencia energética del país y como dinamizador de la producción agropecuaria y del empleo productivo, tanto agrícola como industrial. Como tal recibirá tratamiento especial en las políticas sectoriales respectivas y propiciará la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto por su contribución a la mitigación del calentamiento global.

El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y en coordinación con el Ministerio de Minas y Energía, auspiciará los programas y proyectos en materia de desarrollo de biocombustibles a los órganos competentes establecidos por el Protocolo de Kyoto.

**Artículo 8o.** El Gobierno Nacional diseñará mecanismos de orden económico, diversificación de la canasta energética y autoabastecimiento, teniendo en cuenta los siguientes estímulos para el cumplimiento de los objetivos de la presente Ley:

Para la investigación: El Gobierno Nacional propenderá por el establecimiento de programas de investigación aplicada para la producción de biocombustibles.

Colciencias desarrollará una línea de investigación financiada por el Ministerio de Minas y Energía, para efectos de desarrollar tecnología de producción y mejoramiento de los biocombustibles.

Para la educación: El ICETEX o quien haga sus veces, beneficiará y dará prioridad en el otorgamiento de préstamos y ayudas a quienes quieran estudiar carreras o

especializaciones orientadas en forma específica, a la aplicación en el campo de la producción de biocombustibles en general.

El Sena, diseñará con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, programas de capacitación técnica para la producción, acopio y mezcla de biocombustibles. El Ministerio de Educación Nacional a través de las Universidades Públicas Nacionales, con el apoyo del Ministerio de Minas y Energía, diseñara y desarrollará programas de Educación e Investigación para la producción, acopio, mezclas, distribución y consumo de energías limpias y biocombustibles.

Reconocimiento Público: El Gobierno Nacional creará distinciones para personas naturales o jurídicas, que se destaquen en el ámbito nacional en la temática de biocombustibles; las cuales se otorgarán anualmente.

Estímulo a la producción de cultivos. El Gobierno Nacional estimulará la producción de toda clase de cultivos que sean destinados a la obtención efectiva de biocombustibles. Serán igualmente los beneficiarios de los certificados de reducción de emisiones. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural promoverá y prestará apoyo financiero a aquellos grupos de minifundios que cultiven en sus tierras productos que sean destinados a la obtención efectiva de biocombustibles

Los terrenos baldíos utilizados para cultivos ilícitos, y cuyo cambio de uso haya sido concertado a través de programas de sustitución **serán entregados a quienes los ocupaban para que desarrollen cultivos que sean destinados** a la obtención de biocombustibles, e igualmente serán beneficiarios de los apoyos señalados.

Impulso a las exportaciones. El Gobierno Nacional impulsará y promocionará el desarrollo de proyectos en el país que conlleven a la exportación de biocombustibles, para lo cual establecerá líneas de crédito de fomento a las exportaciones.

Para el financiamiento. El Gobierno Nacional, a través de FINAGRO, Bancoldex y otras entidades, establecerá líneas y condiciones especiales para el financiamiento de proyectos orientados a la producción de biocombustibles.

Divulgación. El Gobierno Nacional financiará e implementará, en conjunto con los diferentes actores que conformen la cadena de producción, de distribución de biocombustibles o mezclas que los contengan, estrategias de comunicación para el fomento y utilización de los biocombustibles con base en campañas de información, utilizando medios masivos de comunicación y otros canales idóneos.

Abastecimiento de la materia prima. El Gobierno Nacional asegurará el equilibrio de las materias primas entre los diferentes mercados, a través de los mecanismos establecidos por la Ley.

**Artículo 9o.** La infracción de las normas sobre producción, importación, almacenamiento, transporte, distribución y consumo de biocombustibles en el país, dará lugar a la imposición por parte de las autoridades competentes, de las sanciones mencionadas a continuación, de acuerdo con la graduación progresiva según la gravedad que establezca el Gobierno Nacional en el reglamento respectivo, teniendo en cuenta la naturaleza, efectos, modalidad y daño probable de la actuación a sancionar.

Las sanciones que podrán ser impuestas son las siguientes:

Amonestación escrita

Multa. De 100 a 10.000 salarios mínimos legales mensuales.

Suspensión en el ejercicio de la actividad.

Terminación definitiva de actividades.

**Artículo 10o.** La presente ley rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

El presente texto fue aprobado en Sesión de la Comisión Quinta de la Cámara de Representantes el día miércoles 26 de Abril de 2006.

**GUSTAVO AMADO LOPEZ**

Secretario Comisión Quinta

Cámara de Representantes

## **RESOLUCION 1289 DE 2005**

**(Septiembre 7)**

Derogado por la Resolución Conjunta del Min. Ambiente 18 0782 de 2007

por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, en el sentido de regular los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión.

LA MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y EL  
MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA,

en ejercicio de sus facultades legales, en especial las conferidas por los números 2, 10, 11 y 14 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, artículo 1° del Decreto-ley 216 de 2003, artículos 19 y 40 del Decreto 948 de 1995, el Decreto 70 de 2001, la Ley 939 de 2004, y

CONSIDERANDO:

Que la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 adicionada por la Resolución 125 del 7 de febrero de 1996, modificada parcialmente por las Resoluciones 623 del 9 de julio de 1998, 0068 del 18 de enero de 2001, 0447 del 14 de abril de 2003 y 1565 del 27 de diciembre de 2004 de los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Minas y Energía, regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores;

Que mediante la Ley 939 del 31 de diciembre de 2004, se dictan normas sobre el uso de biocombustibles, se crean estímulos para su producción, comercialización, y se determinan otras disposiciones;

Que el artículo 7° de la mencionada ley prevé que a partir de la fecha señalada en la reglamentación de la misma, el combustible diésel que se utilice en el país podrá contener biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diésel en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial;

Que para efectos de la reglamentación de la señalada ley, el Gobierno Nacional creó, entre otros, el Comité de calidad y mezclas de los biocombustibles a ser usados en motores Diésel, el Comité de logística (producción, transporte, mezcla y distribución del biocombustible y sus mezclas con diésel), el Comité de materias primas y el Comité de Incentivos y Beneficios Ambientales sobre el particular;

Que la tarea del Comité de calidad y mezclas fue liderada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Icontec, a través del Comité 186 "Petróleos y sus derivados, combustibles líquidos, alcoholes carburantes y biodiésel", el cual elaboró la norma técnica sobre mezcla de combustibles destilados del petróleo y biocombustibles para motores diésel (de 100/04), la cual fue aprobada como Especificación Técnica Disponible (END) en el mes de junio (END41);

Que en la construcción de la señalada norma participaron representantes de las principales entidades públicas y privadas relacionadas con el tema en mención, entre las que se encuentran el Ministerio de Minas y Energía, Ecopetrol S. A.; Instituto Colombiano del Petróleo, ICP; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; General Motors; Compañía Colombiana Automotriz, Cenipalma; Uni-



versidad de los Andes; Universidad Nacional, Corpodib, y varias compañías distribuidoras mayoristas de combustibles líquidos derivados del petróleo;

Que los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial consideran procedente acoger las especificaciones técnicas señaladas en la END 41, con el fin de señalar los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diesel como componente de las mezclas con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión;

Que existe en el mundo consenso y en especial de la industria automotriz de usar biocombustibles para uso en motores diésel en mezclas hasta un 5% en volumen de metil ésteres con el combustible diésel de origen fósil, llamado en los países usuarios de este producto, tales como Alemania, España y Estados Unidos, como B5, lo cual hace razonable la utilización inicial en el país de dichas proporciones de mezcla para el desarrollo del programa de producción de biocombustibles para uso en motores diésel y su mezcla con el referido diésel fósil;

Que en mérito de lo expuesto,

#### **RESUELVEN:**

**Artículo 1°.** Modifícase el artículo 4° de la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 adicionada por la Resolución 125 del 7 de febrero de 1996, modificada parcialmente por las Resoluciones 623 del 9 de julio de 1998, 0068 del 18 de enero de 2001, 0447 del 14 de abril de 2003 y por la 1565 de 2004 de los Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Minas y Energía, el cual quedará de la siguiente manera:

**"Artículo 4°. Calidad del biocombustible para uso en motores diésel, el combustible diésel (ACPM) y su mezcla.** A partir de las fechas que se indican en las Tablas 3A y 3B de la presente resolución, el biocombustible a ser utilizado para mezclar con los combustibles diesel fósiles y el combustible diésel regular y sus mezclas<sup>1</sup> que se produzcan, importen o distribuyan por cualquier persona natural o jurídica, para consumo en el territorio colombiano, excepto en la ciudad de Bogotá, D. C., deberá cumplir todos y cada uno de los requisitos de calidad especificados en dichas Tablas.

### **TABLA 3<sup>a</sup>**

#### **Requisitos de calidad del biocombustible para mezclar con los combustibles diesel**

El biocombustible debe estar siempre visualmente libre de agua sin disolver, de sedimentos y de partículas suspendidas.

Las especificaciones de la Tabla 3A de la presente resolución son las que debe cumplir el biocombustible en el momento de la entrega al comprador. La calidad del producto debe ser demostrada por el productor a través de un certificado de conformidad expedido por un organismo de certificación acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio.

### **TABLA 3B** Modificada por el art. 2, Resolución del Min. Ambiente 1180 de 2006

#### **Requisitos de calidad del combustible diésel corriente y sus mezclas con biocombustibles**(1) Métodos alternos: D2622, D1552 y D1266.

(2) Métodos alternos: Espectrometría de Masas, Ultravioleta Visible (UV-VIS) Válido para diésel producido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, sin mezcla con otros componentes de refinería.

(3) Para diésel que contenga componentes provenientes de procesos de ruptura catalítica y/o térmica, y/o aditivos mejoradores de Cetano y/o biocombustibles.

(4) Válido para diésel producido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, sin mezcla con otros componentes de refinería o biocombustibles.

(5) Esta especificación empezará a ser significativa para el control de calidad cuando el contenido de azufre se reduzca a 500 ppm. En caso de requerirse, se podrá utilizar aditivos mejoradores de lubricidad para lo cual la autoridad competente expedirá la reglamentación respectiva. Cuando el biodiésel sea producido a escala comercial este podrá ser usado para sustituir estos aditivos. Para cumplir esta especificación se podrá adicionar 2% del biocombustible al diésel de petróleo saliendo de las refinerías nacionales o al diesel importado.

**Parágrafo 1º.** A partir de las fechas que se indican en la Tabla 3C de la presente resolución el combustible diésel que se distribuya para consumo en la ciudad de Bogotá, D. C. (diesel extra) deberá cumplir las especificaciones de calidad que se estipulan en la misma.

**TABLA 3C** Modificada por el art. 2, Resolución del Min. Ambiente 1180 de 2006

**Requisitos de calidad del combustible diésel extra y sus mezclas con biocombustibles para consumo en Bogotá, D. C.**(1) Métodos alternos: D2622, D1552 y D1266.

(2) Métodos alternos: Espectrometría de Masas, Ultravioleta Visible (UV-VIS)

(3) Para diésel que contenga componentes provenientes de procesos de ruptura catalítica y/o térmica, y/o aditivos mejoradores de Cetano y/o biocombustibles.

(4) Válido para diésel producido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, sin mezcla con otros componentes de refinería o biocombustibles.

(5) Esta especificación empezará a ser significativa para el control de calidad cuando el contenido de azufre se reduzca a 500 ppm. En caso de requerirse, se podrá utilizar aditivos mejoradores de lubricidad para lo cual la autoridad competente expedirá la reglamentación respectiva. Para cumplir esta especificación se podrá adicionar 2% del biocombustible al diésel de petróleo saliendo de las refinerías nacionales o al diésel importado.

**Parágrafo 2º.** Los requisitos de calidad para los biocombustibles y sus mezclas con el combustible fósil señalados en las Tablas 3A, 3B y 3C se cumplirán en concordancia con el programa para su implementación que se determine en la Reglamentación Técnica que emita el Ministerio de Minas y Energía.

**Parágrafo 3º.** Con el objeto de establecer el cumplimiento de los estándares indicados en el presente artículo, los procedimientos y técnicas para la toma de muestras, preparación y análisis de laboratorio, precisión y repetibilidad, así como para el reporte de cifras significativas, serán los contenidos en las normas correspondientes a cada uno de los métodos de prueba indicados en las Tablas 3A, 3B y 3C de esta resolución.

**Parágrafo 4º.** Se prohíbe el uso de aditivos que contengan metales pesados en el combustible diésel que se distribuya para consumo dentro del territorio colombiano.

**Parágrafo 5º.** Se exceptúan del cumplimiento de los requisitos de calidad del presente artículo, el combustible diésel para las fuentes móviles terrestres o maquinaria que se utilicen en la explotación minera, en los campos de producción de petróleo o gas y en la construcción de presas, represas o embalses, siempre y cuando la circulación de las mismas ocurra dentro de los límites del área de explotación del proyecto y el combustible adquirido o producido con este fin se destine exclusivamente al consumo interno de la actividad.

**Parágrafo 6º.** Se exceptúan del cumplimiento de los requisitos de calidad señalados en las Tablas 3A, 3B y 3C, los casos expresamente contemplados en el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el Decreto 1530 del 24 de julio de 2002 o el acto administrativo que lo modifique o sustituya".

**Artículo 2º.** La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 7 de septiembre de 2005.

La Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,  
Sandra Suárez Pérez.

El Ministro de Minas y Energía,  
Luis Ernesto Mejía Castro.

(C.F.)

NOTA: Publicada en el Diario Oficial 46026 de septiembre 09 de 2005.

## ANEXO III CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE ACEITES VEGETALES Y GRASAS ANIMALES

La fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) de España especifica las siguientes características de las grasas animales:

- La **grasa de pollo**. Un estudio del Instituto de la grasa de España demostró que la grasa de pollo presenta 67.2 % de ácidos grasos insaturados.
- La **manteca** contiene entre un 8 y un 14% de linoleico también en función de la alimentación de los animales.
- El **sebo** se caracteriza por su bajo contenido en linoleico. Es relativamente rico en ácidos grasos de cadena impar. Por ello, la suma de los ácidos grasos normalmente referenciados en las tablas de composición no alcanza el 95%.

En Colombia la Sociedad Industrial de Grasas Vegetales SIGRA expone algunas características de los aceites vegetales entre las cuales se destacan:

- El **aceite de oliva** virgen contiene entre el 1% y el 1,5% de lípidos insaponificables, es decir, hidrocarburos, alcoholes grasos, esteroides y vitaminas liposolubles.
- El **aceite de soja** está formado por un 88% de triglicéridos, un 10% de fosfolípidos y un 2% de glicolípidos, además de trazas de otros lípidos.
- El **aceite de palma** virgen contiene alrededor del 3,5% de lípidos polares, fosfolípidos y glicolípidos, siendo el resto triglicéridos. Los ácidos grasos

fundamentales el palmítico y el oléico, predominando uno u otro según la especie, variedad y condiciones de cultivo.

- El **aceite de colza** posee una insaturación es un aceite muy insaturado, (el aceite de colza bajo en erucico es una de las grasas vegetales con menor contenido en ácidos grasos saturados) y con elevados contenidos de ácido linolénico, y por lo tanto muy sensible a la oxidación.
- El **aceite de girasol** es rico en ácido Linoleico y el triglicérido mayoritario es el linoleico – linoleico – linoleico, que representa alrededor de un tercio del total consecuentemente es fácilmente oxidable.

#### **CARACTERISTICAS DE LA CALIDAD DEL LAS GRASAS ANIMALES Y DE LOS ACEITES VEGETALES**

- **Índice Iodo:** Es la cantidad, en gramos de iodo capaz de ser fijado, bajo las condiciones indicadas por 100gr de muestra.
- **Índice de saponificación:** Es la cantidad en mg de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos libres y saponificar los esteres presentes en 1 gr de muestra.
- **Índice de acidez:** es la cantidad en mg de hidróxido de potasio necesaria para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 gr de muestra.
- **Índice de esterificación:** Es la cantidad en mg de hidróxido de potasio necesaria para saponificar los esteres presentes en 1gr de muestra.

- **Materia insaponificable:** En aceites o grasas se refiere a aquellas sustancias que no son saponificables por hidróxidos alcalinos pero son solubles en los solventes grasos comunes y a productos de saponificación que son solubles en dichos solventes.



## **ANEXO IV PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA OBTENCION DE BIODIESEL**

Dependiendo de la materia prima con la que se piense obtener el biodiesel se puede determinar el proceso con el cual se va a trabajar, no obstante se pueden combinar dichos procesos para obtener un mejor producto y de mayor calidad en el mercado.

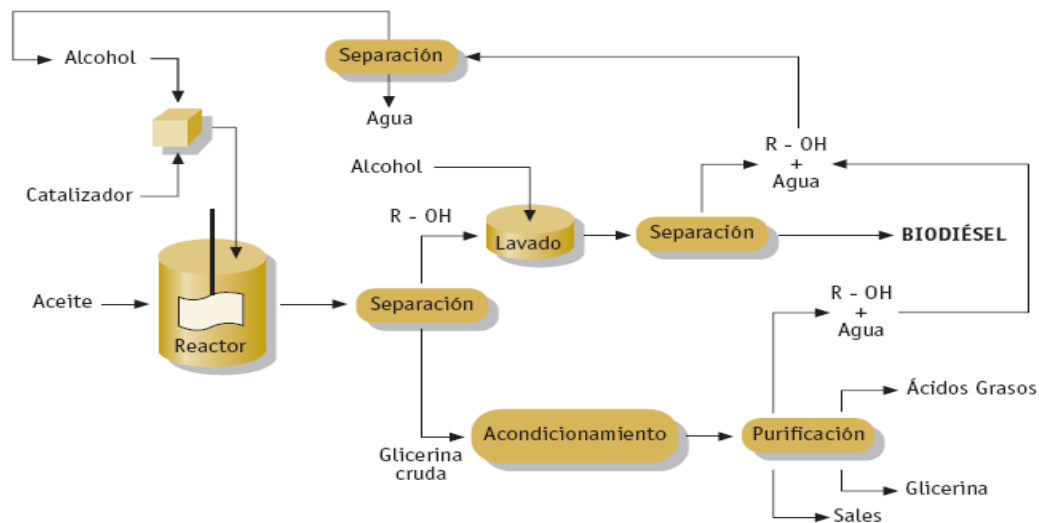
### **➤ Proceso Discontinuo**

Es el método más simple para la producción de biodiésel. Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25°C a 85°C también han sido pueden ser empleadas.

El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0,3% al 1,5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase ester.

En la siguiente figura se reproduce un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación en discontinuo.

**Figura I.** Proceso de transesterificación en discontinuo



**Fuente:** GARCIA CAMÚS Juan Manuel y GARCÍA LABORDA José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Ríus y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.50.

### ➤ Proceso Continuo

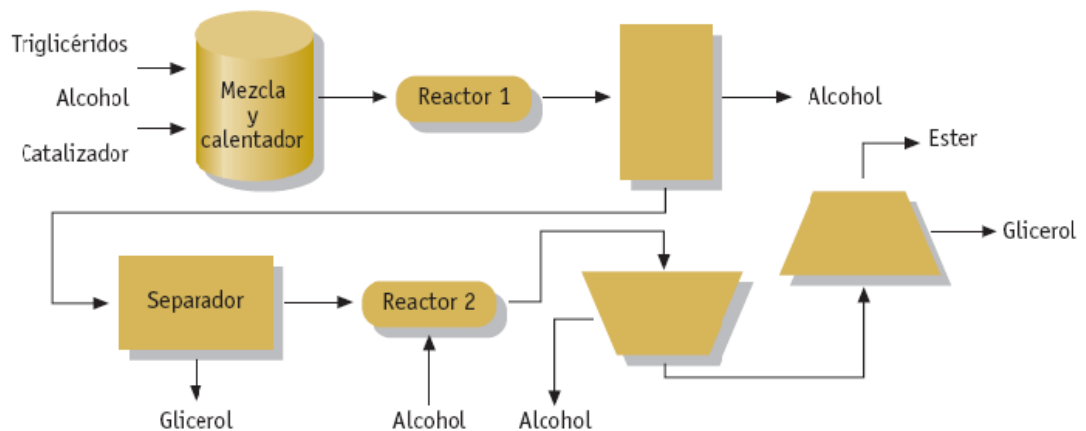
Una variación en el proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor). Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr aumentar los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de glicerol en el decantador la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida, con un porcentaje del 98% de producto de reacción. En los reactores CSTR es necesario asegurarse que la mezcla se realice de manera adecuada para que la composición en el reactor sea constante, haciendo que aumente la dispersión del glicerol en la fase de éster aumentando el tiempo de separación entre fases.

Existen diversos procesos que utilizan la mezcla intensa para favorecer la reacción de esterificación. El reactor que se utiliza en este caso es de tipo tubular. La mez-

cla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, Plug Flow Reactor (PFR), se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie. El resultado es un sistema continuo que requiere tiempos de residencia menores (del orden de 6 a 10 minutos), este ahorro de tiempo en la reacción se da por utilizar reactores de pequeños volúmenes.

Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión. En la figura II se presenta un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación mediante reactores de flujo pistón. En este proceso, se introducen los triglicéridos con el alcohol y el catalizador y se somete a diferentes operaciones (se utilizan dos reactores) para dar lugar al éster y la glicerina.

**Figura II.** Proceso de producción de biodiésel mediante reactores de flujo pistón.



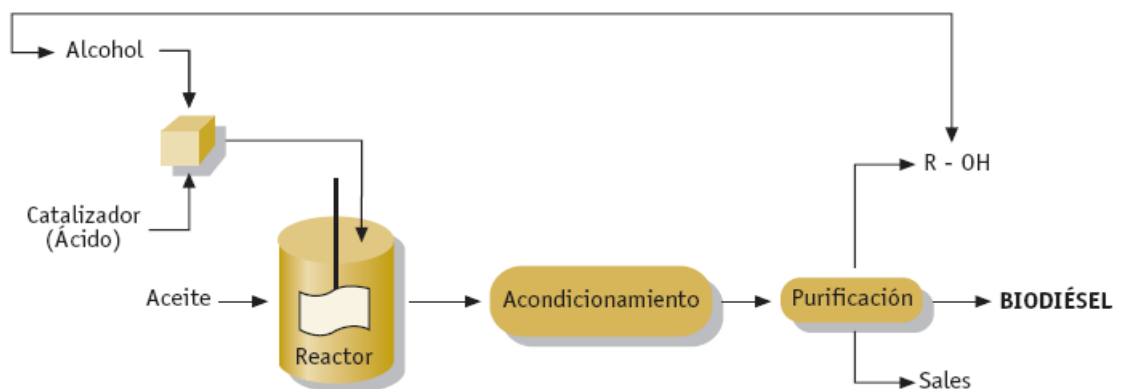
**Fuente:** GARCIA CAMÚS Juan Manuel y GARCÍA LABORDA José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Ríus y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.51.

## Proceso de Esterificación

El proceso más común consiste en el calentamiento de la mezcla de alcohol y de ácido correspondiente; en los procesos de esterificación se suelen utilizar catalizadores ácidos como el ácido sulfúrico, utilizando el reactivo más económico en exceso para aumentar el rendimiento y desplazar el equilibrio hacia la derecha (esterificación de Fischer). El ácido sulfúrico sirve tanto de catalizador como de sustancia higroscópica que absorbe el agua formada en la reacción. A veces puede ser sustituido por ácido fosfórico concentrado.

En la práctica este procedimiento tiene varios inconvenientes. El alcohol puede sufrir reacciones de eliminación formando olefinas, esterificación con el propio ácido sulfúrico o de formación del éter y el ácido orgánico puede sufrir decarboxilación. En la figura III se presenta un diagrama de bloques de un proceso de esterificación.

**Figura III.** Proceso de esterificación.



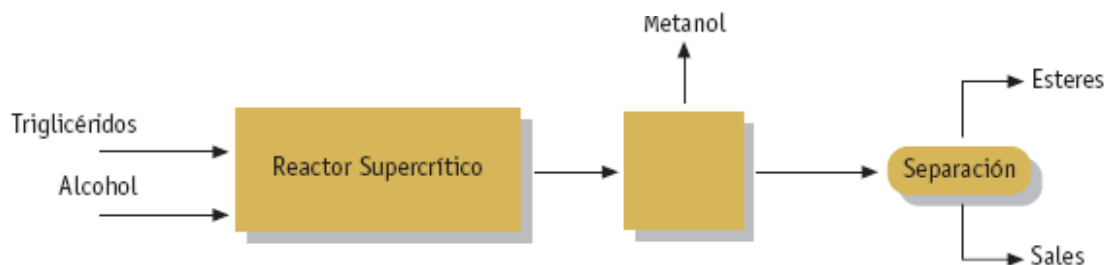
**Fuente:** GARCIA CAMÚS Juan Manuel y GARCÍA LABORDA José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Rius y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid, 2006. p.52.

### ➤ Proceso en Condiciones Supercríticas

Cuando un fluido o gas es sometido a temperaturas y presiones que exceden su punto crítico, aparecen una serie de propiedades inusuales. Desaparece la diferencia entre la fase líquida y vapor, existiendo sólo una fase de fluido presente. Además, los disolventes que contienen grupos OH, como el agua o alcoholes primarios, toman las propiedades de superácidos.

Un ejemplo de sistema sin catalizadores es el que utiliza un elevado ratio de alcohol:aceite (42:1). Bajo condiciones supercríticas (350 a 400°C y  $P > 80$  atm) la reacción se completa en 4 minutos. Los costos de instalación y de operación son más altos y la energía consumida mayor, los resultados mediante este proceso son muy interesantes, el escalado de estas instalaciones a nivel industrial puede ser difícil. En la figura IV se representa el diagrama de bloques de un proceso en el que se utiliza un reactor supercrítico, sin necesidad de añadir catalizadores.

**Figura IV.** Proceso de Producción de biodiesel mediante proceso Supercrítico



**Fuente:** GARCIA CAMÚS Juan Manuel y GARCÍA LABORDA José Ángel. Biocarburantes líquidos: biodiesel y bioetanol. Colección dirigida por Jose de la Sota Ríus y coordinada por: la Fundación para el conocimiento madri+d CEIM. Madrid 2006. p.54.

## ANEXO V ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL BIODIESEL

**Punto de inflamación (°C):** Este método busca componentes residuales dentro del combustible que son inflamables, especialmente el metanol el cual es un particular peligro debido a su llama invisible.

**Viscosidad (Kg/m):** El biodiesel Debe poseer una viscosidad mínima para evitar pérdidas de potencia debidas a las fugas en la bomba de inyección y en el inyector. Además, le da características de lubricidad al sistema de combustible. Por la otra parte también se limita la viscosidad máxima por consideraciones de diseño y tamaño de los motores, y en las características del sistema de inyección.

**Densidad (g/m<sup>3</sup>):** Da idea del contenido en energía del combustible. Mayores densidades indican mayor energía térmica y una economía de combustible mejor. Es una prueba que puede ser usada en vínculo con otras propiedades para caracterizar a los combustibles en productos ligeros y pesados.

**Cenizas sulfatadas:** La ceniza describe la cantidad de contaminantes inorgánicos, tales como residuos de catalizador, restantes dentro del combustible. La ceniza se relaciona con depósitos en el motor durante la combustión.

**Azufre (mg/Kg):** Contribuye al desgaste del motor y a la aparición de depósitos que varían considerablemente en importancia dependiendo en gran medida de las condiciones de funcionamiento del motor. También pueden afectar al funcionamiento del sistema de control de emisiones y a límites medioambientales.

**Corrosión a la lámina de cobre:** Es la probabilidad de causar corrosiones a las piezas de cobre, cinc y bronce de un motor.

**Índice de Yodo:** Indica la tendencia a la oxidación de un biodiesel porque da idea del grado de insaturaciones que poseen sus esteres.

**Número de cetano (Cetanos):** Es una medida de la calidad de ignición de un combustible e influye en las emisiones de humo y en la calidad de la combustión. El número de cetano depende del diseño y el tamaño del motor, de las variaciones de la carga, velocidad, condiciones de arranque y atmosféricas.

**Punto nube (°C):** Indica la temperatura a la cual empiezan a precipitar ciertos compuestos del combustible (como parafinas). Es una medida muy importante a tener en cuenta cuando se usa el motor en climas fríos. El valor debe ser definido por el usuario, ya que depende del clima en el cual el motor se utilice.

**Agua y sedimentos (mg/Kg):** El Agua se puede formar por condensación en el tanque de almacenamiento. La presencia de agua y sólidos de desgaste normalmente pueden colmatar filtros y darle al combustible unas propiedades de lubricidad menores. El biodiesel puede absorber hasta 40 veces más agua que el diesel. Los Sedimentos pueden ser debidos principalmente a un mal proceso de purificación del combustible o contaminación. Afectan principalmente a la temperatura de cristalización y al Número de Cetano.

Los sedimentos pueden ser debidos principalmente a un mal proceso de purificación del combustible o contaminación. Afectan principalmente a la temperatura de cristalización y al número de cetano.

**Residuo carbonoso (% m/m):** Da una idea de la tendencia del combustible a

formar depósitos carbonosos. Se aproxima a la tendencia del motor a formar depósitos. El residuo de carbón es el material que queda después de la evaporación y de la pirolisis de una muestra de combustible.

**Destilación:** Indica la temperatura máxima a la que se debe evaporar el combustible a unas condiciones de presión y temperaturas dadas. Según la norma ASTM D86, el biodiesel a la temperatura de 360°C tiene que estar el 95% destilado.

**Número ácido (mg KOH/g):** Determina el nivel de ácidos grasos, ó generados por degradación, que se presentan en el combustible. Si posee un alto grado de acidez se formaran una cantidad importante de depósitos y también se producirá mayor corrosión en el sistema.

**Contenido en metales y ácidos grasos libres (%m/m):** Contribuyen al aumento del residuo carbonoso de manera notable y también a las cenizas, generando residuos inorgánicos parcialmente quemados. Además, también se pueden formar jabones que colmatan los filtros del combustible.

**Lubricidad ( $\mu\text{m}$ ):** Es la cualidad de un líquido para proporcionar una lubricación adecuada para prevenir el desgaste entre dos superficies en movimiento. Los combustibles con un contenido bajo en azufre o baja viscosidad tienden a tener una lubricidad menor.

**Glicerina libre (%m/m):** Determina el nivel de glicerina no enlazada presente en el Biodiesel. Su presencia normalmente se debe a una mala purificación del biodiesel. Niveles altos pueden causar problemas de depósitos en el inyector, así como colmatación de filtros. Pueden dañar los sistemas de inyección debido a los compuestos inorgánicos y jabones que se acumulan en la glicerina. Si la cantidad



de glicerina es superior al 0.5% esta puede afectar al contenido del residuo carbonoso.

**Glicerina Total: (% m/m):** Determina el nivel de glicerina enlazada y no enlazada presente en el combustible. Niveles bajos significan que se ha producido un alto grado de conversión en el aceite o grasa, y se han formado gran cantidad de monoésteres. Niveles altos de mono, di y triglicéridos pueden provocar la colmatación de los filtros, depósitos carbonosos en los inyectores y pueden afectar adversamente a las propiedades a bajas temperaturas. Esto es debido a que al poseer temperaturas de ebullición superiores provocan que la combustión sea bastante peor. Además, aumentan la viscosidad del biodiesel.

**Contenido en metanol (%m/m):** Puede provocar problemas de lubricidad y en el Número de Cetano. Un alto contenido de metanol representa riesgos de seguridad debido al bajo punto de inflamación.

**Estabilidad a la oxidación (horas):** Se determina la vida de almacenamiento y la degradación potencial de un combustible durante su almacenamiento. La oxidación de un combustible suele venir acompañada de la formación de gomas solubles e insolubles que pueden actuar de la siguiente manera:

- Gomas insolubles. Problemas de colmatación de filtros.
- Gomas solubles. Formación de depósitos en la punta del inyector y fallos en las boquillas de los inyectores.

Además, dicha estabilidad a la oxidación se puede ver alterada por los diversos contaminantes que pueden estar presentes en el biodiesel.

## **ANEXO VI PERFIL DE ACIDOS GRASOS LIBRES**



		LABORATORIO DE CROMATOGRFIA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	CÓDIGO: 981989-AF
		INFORME DE RESULTADOS	FECHA: 2007/12/26
			Página 3 de 4
			VoBo: <i>E. E. Garry</i>

**Tabla 1.** Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en la muestra identificada como: "Grasa de pollo".

Ácido graso	Cantidad relativa (%)		
	1ª medición	2ª medición	Promedio
Caprílico (C8:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cáprico (C10:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Láurico (C12:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mirístico (C14:0)	0.9	1.0	1.0
Miristoleico (C14:1n5)	0.2	0.2	0.2
Pentadecanoico (C15:0)	0.1	0.1	0.1
Palmítico (C16:0)	23.6	23.8	23.7
Palmitoleico (C16:1)	5.8	5.8	5.8
Heptadecanoico (C17:0)	0.2	0.2	0.2
Esteárico (C18:0)	6.1	6.1	6.1
Oleico (C18:1n9c)	34.5	34.3	34.4
Linoléico (C18:2n6c)	21.9	21.8	21.9
g-Linolénico (C18:3n6)	0.2	0.2	0.2
Linolénico (C18:3n3)	1.6	1.6	1.6
Áraquídico (C20:0)	0.1	0.1	0.1
Eicosenoico (C20:1n9)	0.2	0.2	0.2
Eicosadienoico (C20:2n6)	0.1	0.1	0.1
Eicosatrienoico (C20:3n6)	0.1	0.1	0.1
Araquidónico (C20:4n6)	0.2	0.2	0.2
Behénico (C22:0)	0.2	0.2	0.2
Nervónico (C24:1)	0.1	0.1	0.1

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOS DATOS REPORTADOS EN ESTE INFORME DE ANÁLISIS  
LOS DATOS REPORTADOS EN ESTE INFORME DE ANÁLISIS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA RECIBIDA.

Carrera 27 – Calle 9, Ciudad Universitaria, Edificio Camilo Torres: 202-204, Teléfono: (0X7)6344000 Ext, 2471. Línea directa (0X7) 645 6737. Fax (0X7) 6358210. Celular (315)879 3865. Bucaramanga, Colombia.  
e-mail: elena@tucan.uis.edu.co, rene@tucan.uis.edu.co

 	<b>LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA</b> <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	CÓDIGO 951912 AF
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	FECHA 2007-10-01
		Página 4 de 5
		Vobo:

**Tabla 2.** Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en la muestra identificada como: "Aceite de vísceras".

Ácido graso	Cantidad relativa (%)		
	1ª medición	2ª medición	Promedio
Caprílico (C8:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cáprico (C10:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Undecanoico (C11:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Láurico (C12:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Tridecanoico (C13:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mirístico (C14:0)	1.0	1.0	1.0
Miristoleico (C14:1n5)	0.2	0.2	0.2
Pentadecanoico (C15:0)	0.1	0.1	0.1
Palmitico (C16:0)	22.2	22.2	22.2
Palmitoleico (C16:1)	6.5	6.3	6.4
Heptadecanoico (C17:0)	0.2	0.2	0.2
Estearico (C18:0)	1.1	1.0	1.1
Oleico (C18:1n9c)	32.4	32.8	32.6
Linoléico (C18:2n6c)	22.7	22.4	22.6
g-Linolénico (C18:3n6)	0.2	0.2	0.2
Linoléico (C18:3n3)	1.8	1.8	1.8
Araquídico (C20:0)	0.1	0.1	0.1
Eicosenoico (C20:1n9)	0.2	0.2	0.2
Eicosadienoico (C20:2n6)	0.2	0.2	0.2
Heneicosanoico (C21:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Eicosatrienoico (C20:3n6)	0.2	0.2	0.2
Araquidónico (C20:4n6)	0.6	0.6	0.6
Eicosatrienoico (C20:3n3)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Behénico (C22:0)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Eicosapentaenoico (C20:5n3)	0.4	0.4	0.4
Nervónico (C24:1)	0.3	0.3	0.3

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOS DATOS REPORTADOS EN ESTE INFORME DE ANÁLISIS  
 LOS DATOS REPORTADOS EN ESTE INFORME DE ANÁLISIS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA RECIBIDA.

Carrera 27 - Calle 9, Ciudad Universitaria, Edificio Camilo Torres, 202-204, Teléfono: (0X7) 6344009 Ext. 2471. Línea directa (0X7) 645 8737. Fax (0X7) 6368210. Celular (315) 879 3366. Bucaramanga, Colombia.  
 e-mail: elena@ucan.uis.edu.co, ena@ucan.uis.edu.co

## **ANEXO VII PRUEBAS DE CALIDAD DEL BIODIESEL OBTENIDO**



### 1. OBJETIVOS

Realizar análisis de Calor de Combustión, Densidad a 15 °C, Gravedad API, Número de ácido, Punto de Fluidez, Punto de Inflamación, Viscosidad a 40 °C a una muestra de Biodiesel.

### 2. INFORMACIÓN SOBRE LA MUESTRA.

Se recibió una muestra de Biodiesel identificada como Biodiesel, en recipiente de vidrio, con una cantidad aproximada de 1 Litro.

### 3. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS EMPLEADOS

Los análisis fueron realizados siguiendo los procedimientos de los métodos indicados en la tabla:

Análisis	Método
Calor de Combustión	ASTM D 240-(02)
Densidad A 15 °C	ASTM D 4052-(02)
Gravedad API	ASTM D 4052-(02)
Número de Ácido	ASTM D 664-(07)
Punto de Fluidez	ASTM D 97-(05)
Punto de Inflamación	ASTM D 93-(07)
Viscosidad a 40 °C	ASTM D 445-(06)

### 4. RESULTADOS.

Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla N°1.

*Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser utilizados con fines publicitarios y/o para certificar productos. En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a calidad HSEQ*

Hoja 5/6

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
Tel: (976) 847000 Fax: (976) 847444  
A.A. 4185 Bucaramanga  
Kilometro 7 Via Piedecuesta  
Santander-Colombia

FGL-12



TABLA N°1. RESULTADOS

Análisis	Método	Unidades	BIO DIESEL (01/08/08 H:15:25)	Especificaciones (1)	
				Mínimo	Máximo
Calor de Combustión	ASTM D 240-(02)	MJ/kg	39.627	---	---
Densidad A 15 °C	ASTM D 4052-(02)	g/mL	0.8920	0.86	0.90
Gravedad API	ASTM D 4052-(02)	° API	27.1	---	---
Número de Ácido	ASTM D 664-(07)	mg KOH/g	<0.100	---	0.5
Punto de Fluidez	ASTM D 97-(05)	° C	3	Reportar	
Punto de Inflamación	ASTM D 93-(07)	C	100.0	120.0	---
Viscosidad a 40 °C	ASTM D 445-(06)	mm <sup>2</sup> /s	7.4165	1.9	6.0

(1). Especificaciones de producto, basadas en resolución 182087 de Diciembre 17 de 2007.

Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser utilizados con fines publicitarios y/o para certificar productos. En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a calidad HSEQ

Hoja 6/6

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
Tel (976) 847000 Fax: (976) 847444  
A.A. 4185 Bucaramanga  
Kilometro 7 Via Piedecuesta  
Santander -Colombia

FGL-12



## ANEXO VIII COTIZACIONES

A continuación se detallan cada una de las cotizaciones de las plantas con sus respectivos equipos adicionales, al igual que las unidades extras necesarias para el proceso de obtención de biodiesel entre las que se incluyen equipos de calentamiento, de pre tratamiento de la materia prima y tanques de almacenamiento:

### 1- AMSETEC LTDA

#### Calculo presupuestal no. 090501-car-bio

A continuación los precios a nivel presupuestal para los equipos que pueden estar ajustando a la expectativa de producción que su proyecto está considerando. El equipo produce biodiesel a partir de Aceite de Frituras, Aceite de Palma, Jatropha o Grasa de pollo:

MODELO BDP-10 TD, semi automática, con capacidad para el procesamiento de 10,000 lt /día de Biodiesel. Los equipos corresponden a la ficha técnica adjunta. Precio en Colombia: USD 220,000.00 + IVA 16%. El siguiente equipo se puede adicionar al modelo básico:

Unidad de tratamiento de glicerol hasta 85% de pureza: USD 65,000.00 + IVA 16% en Colombia.

Unidad de pretratamiento de aceites de grasa de pollo: USD 78,600.00 + IVA 16% en Colombia

**Forma de pago:**

Anticipo 50% Pago parcial del 45% cuando la planta este lista para ser embarcada. Saldo 5% al quedar la planta en pleno funcionamiento con la calidad y volumen previstos a satisfacción del comprador.

**Tiempo de entrega:**

En puerto de Buenos Aires, 60 a 90 días después de acreditado el correspondiente anticipo. Los tiempos de entrega pueden variar de acuerdo al volumen de pedidos pendientes en la fábrica.

Se estima que el transito a puerto colombiano puede tomar 15 días y los tramites de nacionalización 15 días adicionales.

**Asistencia técnica para la instalación:**

Estos precios incluyen el suministro de los servicios profesionales de un ingeniero y un técnico enviados por la fábrica por un plazo de 10 días. Los costos de traslado ida y vuelta desde Argentina, los traslados diarios hasta el sitio de trabajo, alojamiento y alimentación corren por cuenta del comprador.

**Biodiesel del plata deja expresado que este presupuesto no incluye:**

Terreno, preparación y movimientos de suelos (si se considera)

Las obras civiles exteriores - entrada y salida de camiones, calles interiores, plataformas de hormigón de carga y descarga de camiones, balanza para pesaje de camiones (si correspondiera), oficinas, vestuarios, baños, depósitos, etc.

Dársena de descarga de insumos desde camiones hasta tanques (proveedores)

Dársena de carga de productos terminados desde los tanques hasta los camiones

Tanque para almacenamiento del aceite.

Tanque para almacenamiento del alcohol.

Tanque para almacenamiento del biodiesel.

Tanque para almacenamiento del glicerol.

Bombas para trasvase de los insumos desde los tanques exteriores hacia el interior del galpón y desde el interior del galpón, a los tanques de almacenamiento exteriores

Sistema de descarga de los insumos

Sistema para carga de los camiones

Instalación eléctrica del galpón

Instalación de vapor desde la caldera hasta el galpón

Red de lucha contra incendio - Tanque, tuberías, mangueras, bombas, etc.

Galpón industrial de aproximadamente 200 m2 donde se instalara la planta refinadora de biodiesel. Detalles del galpón: Altura mínima 6m, simple, alto y bien ventilado.

Pequeño galpón para alojar la caldera de vapor

Instalación y/o provisión de servicios de agua, luz o cualquier otro suministro adicional.

Sistemas de medición (caudalímetros) y despacho de combustibles.

Permisos, habilitaciones municipales o nacionales.

### **Garantías:**

Biodiesel del Plata garantiza la durabilidad de la totalidad de los materiales y el correcto funcionamiento de la planta para la obtención del biodiesel en la calidad y cantidad aludidos y de los subproductos como así también de consumos de materias primas e insumos por el plazo de 12 meses corridos, a contar desde la fecha de la efectiva puesta en marcha y ajuste definitivo de la planta. La presente ga-

rantía solo se aplica si la planta ha sido montada, puesta en marcha y ajustada bajo la supervisión de nuestros profesionales.

**Validez de la oferta: 30 días.**

Cordialmente,

MIGUEL ANGEL JIMENEZ

AMSETEC

[www.amsetec.com](http://www.amsetec.com)

Tel: (57) -1-253 2338 Fax: (57) -1-253 2338

Móvil: (57) -300-400 8175

Horario de atención:

Lunes a Viernes 8:30 - 17:00 (-5 GMT)

Skype: amsetec.ltda

Bogotá - Colombia, South América

CentralBioDise HTP, Inc.  
8208 NW 6 ST  
Coral Springs, FL 33071  
Phone: +1.954.889.7246  
Web: [www.centralbiodieselhtp.com](http://www.centralbiodieselhtp.com)  
E Mail: [sales@centralbiodieselhtp.com](mailto:sales@centralbiodieselhtp.com)



**Propuesta para:**

**Carolina Acosta Barajas.**  
UNAB  
Bucaramanga - Colombia

---

Paquete BIO3 – 3,600 litros cada 24 horas.

**UNIDAD BATCH/CONTINUA PARA ELABORACION DE BIODIESEL**

**Contenidos:**

1. INTRODUCCION
2. DESCRIPCION DE LA PLANTA
3. MATERIA PRIMA
4. OTROS INSUMOS
5. PRODUCTOS
6. EQUIPOS Y SERVICIOS PROVISTOS
7. PRECIO, TIEMPO DE ENTREGA Y TRANSPORTE
8. CONSIDERACIONES

**1. INTRODUCCION**

CentralBioDiesel y su empresa madre en Argentina Biofuels S.A., tienen hoy instaladas mas de 400 plantas en 24 países. Nuestras unidades hoy brindan el resultado de mas de 12 años de desarrollo, investigación y experiencia practica. Nuestro exclusivo proceso HTP, permite la elaboración de biodiesel de alta calidad sin la necesidad de lavado posterior con agua o resinas. Esto evita la generación de efluentes contaminantes y costos pos procesos de lavado.

El paquete BIO3 ha sido diseñado para la transesterificación de aceites en forma batch. Este paquete puede producir hasta 3,600 litros cada 24 horas en biodiesel que cumple con las normas de proceso ASTM-D-6751 y/o EN 14214

El paquete de unidades BIO3 aplica un proceso propietario de alta temperatura y presión (HTP), operando a 90 grados celsius y bajo 1 Atm de presión. Esto resulta en un índice de conversión que supera el 98%, resultando en biodiesel que no requiere de lavado posterior con agua o resinas.

El Paquete BIO3 utiliza un proceso base de transesterificado, utilizando:

- Metanol (CH<sub>3</sub>OH)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Aceite (Vegetal o derivado de grasa animal)

El Paquete BIO3 entrega:

- Biodiesel
- Glicerol

C

CentralBioDiesel HTP, Inc. Copyright © 2008/09 – All Rights reserved / Todos los derechos reservados – Prohibida su distribución

## 2. DESCRIPCION DE LA PLANTA

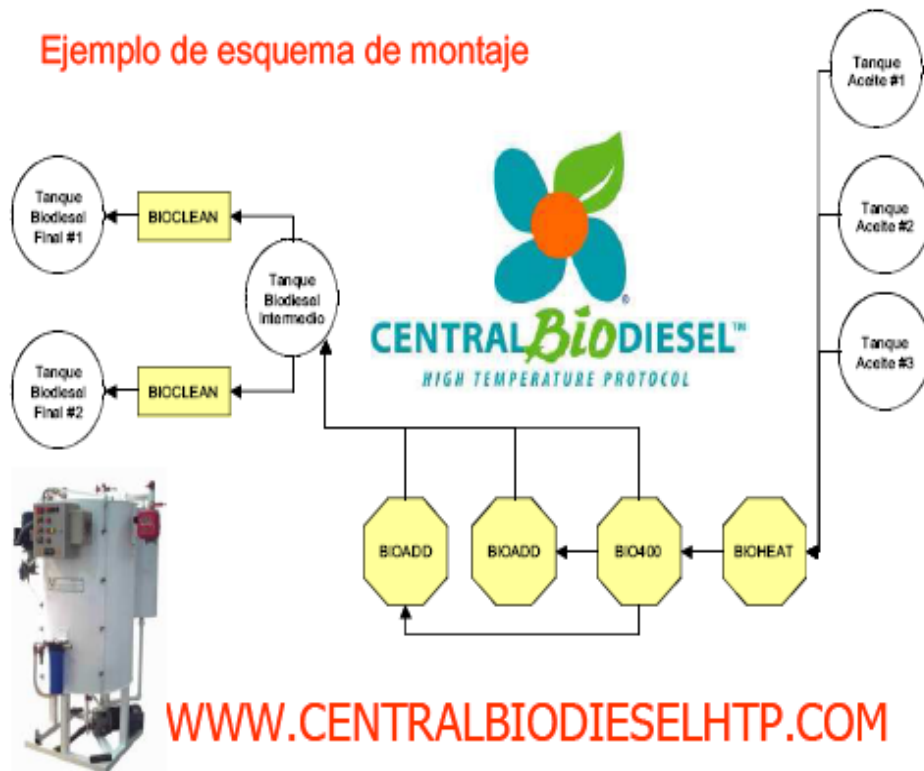
El paquete BIO3 permite elaborar biodiesel por batches y soporta hasta 3 ciclos de 1,200 litros por día, para la producción de metil esteres de ácidos grasos y glicerol.

En una unidad dedicada el Metanol es Mezclado con la Soda Caustica para formar Metóxido en baches dentro del reactor BIO400m7. Una vez que este esta a temperatura, la unidad dedicada lo mantiene a temperatura de proceso y en constante agitación.

La unidad BIOHEAT es alimentada con aceite para que la misma lo caliente a la temperatura necesaria y lo bombee a la unidad BIO400M7 cuando el protocolo lo indica.

El reactor BIO400M7 generará la alcoholisis utilizando el protocolo HTP. Luego la mezcla pasara a las unidades de expansión para su decantado bajo temperatura y presión. El reactor BIO400m7 incluye un sistema de vacío para la recuperación de metanol. La temperatura del reactor es generada por unidades eléctricas de cerámica, las cuales transfieren calor en el mezclador estático del reactor.

El Paquete BIO3 es un equipo sumamente estable. Flujo, temperatura y presión son mantenidos automáticamente dentro de los parámetros fijados por el operario. **Figura 1** muestra un diagrama del proceso.



### 3. MATERIA PRIMA

Los requisitos de materia prima son:

#### a. Aceites vegetales nuevos o usados, aceites derivados de grasas animales o aceite de pescado

- Luido a 20° Celsius
- Numero ácido entre 5.5 y 7
- Filtrado a 15 mirones o menos
- Anhidro (<0.2 % contenido de agua)

#### b. Metanol

- Calidad industrial pureza 99.9 %
- Menos de un 2% de alcohol isopropílico
- Anhidro (<0.01% agua)

#### c. Hidróxido de Sodio

- Calidad industrial pureza 99 %, en forma de perlas.
- Anhidro (<0.01 % agua)
- Libre de carbono (<0.01 % compuestos de carbono)

### 4. OTROS INSUMOS

- **Electricidad:** 3 x 220/240/380/400/440 v.a.c. - 50/60 Hz

### 5. PRODUCTOS

El Paquete BIO3 entrega metil ester de ácidos grasos que cumplen con normas ASTM y EN, con un grado de conversión superior al 98%, si el protocolo es respetado. No será necesario el lavado del biodiesel entregado por la BIO11.5K, el cual estará listo para usar.

### 6. EQUIPOS Y SERVICIOS PROVISTOS

El Paquete BIO3 incluye el siguiente listado de componentes:

- Una unidad BIOHEAT400M7 – Precalentado, mantenimiento y bombeado para aceite.
- Una unidad BIO400M7 - Reactor con sistema de recuperación de metanol
- Dos unidades BIOADD400m7 – Unidades de expansión
- Dos unidades BIOCLEAN
- Kit de repuestos y kit básico de laboratorio
- Kit de interconexionado fijo
- Patín de montaje

El Paquete BIO3 puede ser enviado en un container de 20 pies, o por separado. Sus componentes se encuentran listos para ser instalados e interconectados. No son necesarios cimientos especiales.

El cliente deberá proveer una área de trabajo con buena ventilación. Todos los motores provistos cumplen con IP55, EC y UL. El cliente deberá proveer electricidad trifásica.

Servicios de puesta en marcha y entrenamiento están incluidos en la propuesta. Los gastos de viaje, hospedaje y viáticos del personal de entrenamiento no están incluidos y serán facturados por separado. La puesta en marcha y entrenamiento para El Paquete BIO3 tiene una duración estimada de 1 día.

## **7. PRECIO, TIEMPOS DE ENTREGA Y TRANSPORTE**

Precio: Ex Works - Euros 22,135

La forma de pago: 50% con la orden y 50% cuando la unidad este probaja y lista para el envio.

Tiempos de entrega: 60 a 90 días desde la recepción de pro-forma firmada y deposito inicial.

Envío: El precio de la unidad no incluye gastos de envío. La unidad puede ser enviada en un container de 20 pies, o en con crating individual, desde nuestra fabrica en Argentina. CentralBioDiesel solicitara cotización de envío collect, las cuales deberán ser aprobadas por el cliente.



## **8. CONSIDERACIONES**




Nuestra propuesta no incluye los tanques de almacenamiento para materia prima, ni productos. Tampoco incluye el equipo adicional necesario para administración de fluidos (Bombas, tuberías, etc). CentralBioDiesel puede cotizar el diseño de un plan de incepción a medida y servicios de asesoría para la construcción, instalación y puesta en marcha de una planta llave en mano.

---






## BIODYS

Nuevo | Eliminar | Correo no deseado | Marcar como ▾ | Mover a ▾ |   Desconectar

Responder | Responder a todos | Reenviar |   

### Re: Consulta sobre bio combustibles

De:  **Santiago Arissian** (arissian@gmail.com)  
Enviado: martes, 19 de mayo de 2009 02:20:51 p.m.  
Para: aNdReiTa aBrEo (angieabreo@hotmail.com)

 3 archivos adjuntos 

[Publicaci...pdf](#) (176.4 KB), [Polarixda...pdf](#) (539.3 KB), [BosquejoB...pdf](#) (32.4 KB)

---

Andreita vamos por partes

70,000 litros mes son  $70,000 / 30 = 2333$  litros por día

eso define un reactor. La c6000 estaría bien

Viene en 380 VAC 50 Hz y se puede convertir en fábrica.

El tratamiento de la grasa se puede hacer en el reactor pues dispone de calentador y mezclador.  
Pero no se cuanto tiempo lleva (no es mi experiencia)  
Supongamos que empleamos otra c6000

Lo que no se es como limpiamos la grasa, hay maquinas que se hacen para graserias son maquinas simples (dicen). Aqui hay, se calienta la grasa, se limpia de partes no desadas por decantacion o filtracion y tenemos la grasa lista para la transesterificación.

La c6000 realiza unos 800 litros de bio por batch (por vez)  
precisa unas 3 horas aproximadamente  
luego lo pasas a un tanque de decantación (tanque vacio con grifo inferior para drenaje)  
Sale el gliceroel y te queda el bio

A este bio lo debes limpiar de restos jabonosos  
Empleamos una torre Polarix de resinas cationicas, aqui un kg de resinas limpia 1000 litros de bio.

Todo el proceso es manejado por una persona sola.

La c6000 mas la Polarix mas las resinas 200 kg apto para 200,000 l de bio saldran unos euros 30,000 euros puestas en tu puerto.

Tu debes comprar alli tanques de decantacion vacios, al menos 3. Aqui valen euros 300 cada uno.  
Instalar los caños o tuberias de interconexión entre reactor y tanques de decantación. Un trabajo que estimo en usd 5000 maximo.  
Tinglado (techo y paredes de chapa del ugar), piso y tablero electrico del caso para unos 30 kw se compran alli. No es mucho dinero. Pero no lo se en detalle.



La graseria se arma con equipos de aqui o de alli, lo vere con un especialista.  
Piensa en unos usd 20,000 adicionales. Muy estimado.



Luego es conectar todo y ya esta.

No deseo darte precios exactos pues debo saber mas.


Si debo saber mas debo trabajar y eso es poner un especialista del caso.

La idea si deseas avanzar es contratar el equipo y al especialista que te elija y ya esta. El especialista cobrara unos usd 5000 estimo para armar toda la graseria y los tanques de decantacion.  
Los tanques de almacenamiento son tu tema, adiciona un 30% mas y ya esta.

Nuevo | Eliminar | Correo no deseado | Marcar como | Mover a |   Desconnect

.. Responder | Responder a todos | Reenviar |   X

Re: Consulta sobre bio combustibles

De:  **Santiago Arissian** (arissian@gmail.com)  
Enviado: martes, 19 de mayo de 2009 02:57:24 p.m.  
Para: aNdReiT aBrEo (angieabreo@hotmail.com)

---

Andrea

La c6000 es un reactor para bio  
consta de mezclador, motor y bomba y tablero de comando con PLC  
mas salidas ad hoc y otras cosillas tecnicas....

Si empleamos el mismo para mezclar y calentar la grasa debemos pensar en otro c6000  
con otros atributos. Un ejemplo e sla temperatura se debe levantar a unos 160°C para diluirla bien y que se desprendan las partes no deseadas cartilagos  
proteinas etc.

Podemos emplear la carcasa de la c6000 para esto pero debemos pensar en otro calentamiento. Mayor pues el bio se procesa a unos 60°C.

Podemos hacerlo en Holanda la fabrica o en la Argentina donde hay graserias o en tu pais si hay graserias (maquinas para procesar grasas).  
Son maquinas simples y robustas, mas la filtradora.  
Debemos buscar el lugar de menor precio obviamente y alli gana tu pais si hay graserias.

Yo estimo que tambien debemos ver el sistema de calentamiento pues 160°C es alto y se puede lograr con vapor o con resistencia electrica, pero hay que ver la configuración del lugar (tuyo) para determinar conveniencia.

En fin todo esto es estudiar y definir.

Yo coloque un presupuesto estimado muy estimado para la graseria.....

tomalo a modo de inventario, luego vemos, puede ser mas barato aun pero no lo puedo afirmar hoy.

Creo que el proceso mejor es separar el lograr el aceite o grasa ideal y luego su transesterificación.

Podemos pensar en uno solo pero es otra cosa mas compleja y mas lenta.

Una maquina para todo el proceso implica un cuello de botella apenas suceda algo.

Dime tu que deseas.

Mis saludos Andrea.

Santiago Arissian

## **EQUIACERO**

Bogotá; D.C. Junio 01 de 2009

Señora:

**ANGELA A. ABREO GARCIA**

**Ciudad.**

**CTZ. 500161JN01**

Cordial saludo.

En atención a su solicitud remitimos cotización de tanques, con las siguientes características:

### **TK 10.000LTS**

Material de fabricación calidad ASTM SS304 Calibre 14.

Dimensiones Generales: Diámetro 1900mm; Longitud parte cilíndrica 3600mm.

Posición de trabajo horizontal apoyado en dos bases tipo ASME, capacidad efectiva 10.000 lts.

Accesorios Estándar: boquilla de entrada, boquilla de salida, boquilla para desfogue, boquilla para drenaje, columna de nivel con su mirilla y un manhole de inspección.

Fabricamos el tanque teniendo como referencia algunas normas internacionales API 650, AWS, entre otras, entregamos el tanque con sus soldaduras decapadas y limpias.

Tiempo de entrega 13 días hábiles.

**Costo del tanque es de.....\$6.104.000 más IVA**

### **TK 1200LTS**

Material de fabricación calidad ASTM SS304 Calibre 14 y 12 respectivamente.

Dimensiones Generales: Diámetro 1941mm; Longitud parte cilíndrica 4200mm, tapas laterales tipo toriférica en calibre 12, posición de trabajo horizontal apoyado sobre dos (2) bases tipo ASTM a una altura del piso de 250mm.

Accesorios Estándar: boquilla de entrada, boquilla de salida, boquilla para desfogue, boquilla para drenaje y un manhole de inspección.

Tiempo de entrega 14 días hábiles.

**Costo del equipo.....\$11.100.000 mas IVA**

### **TK 2000LTS**

Material de fabricación calidad ASTM SS304 Calibre 14.

Dimensiones Generales: Diámetro 1114mm; Longitud parte cilíndrica 2000mm, posición de trabajo vertical apoyado sobre un anillo fabricado en el mismo material.

Accesorios Estándar: boquilla de entrada, boquilla de salida, boquilla para nivel con su mirilla.

Tiempo de entrega 13 días hábiles.

**Costo del equipo.....\$4.600.000 más IVA**

### **TK 2500LTS**

Material de fabricación calidad ASTM SS304 Calibre 14.

Dimensiones Generales: Diámetro 1200mm; Longitud parte cilíndrica 2270mm, posición de trabajo vertical.

Accesorios Estándar: boquilla NPT, boquilla de entrada, boquilla de salida, boquilla para desfogue, boquilla para drenaje y mirilla para nivel.

Tiempo de entrega 10 días hábiles.

**Costo del equipo.....\$5.100.000 más IVA**

### **Condiciones de venta**

El proceso de fabricación se inicia una vez confirmada la orden de compra y recibido el anticipo del 60%; el saldo es contra entrega. Entregamos los equipos a satisfacción en nuestras instalaciones. Tiempo de entrega de los cuatro equipos es de 38 días hábiles.

Atentamente

**Ing. Carlos Flórez S.**

Tel. 4061170 – 4062660 fax

Cel.3014712382.

[WWW.EQUIACERO.COM](http://WWW.EQUIACERO.COM)

[ventas@equiacero.com](mailto:ventas@equiacero.com)



La Estrella, 09 de Septiembre de 2009

Señores:  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA**  
Atn. Srta. Carolina Acosta barajas  
Bucaramanga

Cordial saludo:

A continuación le presentamos la actualización para los siguientes productos:

PRODUCTO	PRESENTACION	PRECIO
METANOL	Granel	\$1150

**CONDICIONES DE VENTA:**

- Oferta para productos puestos en su planta.
- Les ofrecemos un servicio de entrega en un término de tiempo inferior a 36 horas, una vez confirmado su pedido y contando con la disponibilidad de los productos.
- El flete va por cuenta de Inproquim.
- Forma de Pago, contado.

Quedamos atentos a cualquier inquietud.

Atentamente,

**I.Q Maritza Zuluaga Urrea**  
Ejecutiva comercial – Medellín  
TEL 378 60 60 Ext. 128  
Cel 311 367 93 04

---

La Estrella (Ant): Cra. 50 N° 97 A Sur 392 / PBX: 378 6060 / Fax: 302 0303  
e-mail: [mzuluaga@inproquim.com](mailto:mzuluaga@inproquim.com) / [www.inproquim.com](http://www.inproquim.com) / Colombia



Bucaramanga, 05 de septiembre de 2009

Señora  
**CAROLINA ACOSTA BARAJAS**  
Ciudad

De acuerdo a su solicitud estamos enviando cotizacion :

DESCRIPCION	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Adaptador macho 2" gerfor	6	1.744	10.464
Tee 2" gerfor presion	1	4.463	4.463
Tuberia presion 2" gerfor * metro Rde 21	4	5.263	21.052
Universal 2" gerfor pvc	3	11.200	33.600
Valvula bola 2" plastica rosado	3	14.430	43.290
			0

<b>TOTAL</b>	<b>112.869</b>
--------------	----------------

Nota: Precios iva incluido

Cordial saludo,

**BELSY SUAREZ**  
Asesora de Ventas

Calle 61 No. 17F-25/31 PBX: 644 4423 e-mail: rodarltada@hotmail.com  
Bucaramanga - Colombia



## **ANEXO IX TIPOS DE LAVADO DE BIODIESEL**

A continuación se describen los tipos de lavado más empleados en la industria en la producción de Biodiesel (Jorney to foreverer 2006):

### **Lavado por Niebla**

El lavado por niebla consiste en rociar una nube de pequeñas gotas que caen sobre la superficie sin perturbar el líquido y lo atraviesan arrastrando al fondo las impurezas.

### **Lavado con burbujas**

Este sistema emplea una bomba de aire y una piedra difusora. Se adiciona entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  más de agua con biodiesel, el cual flota sobre el agua. Las burbujas de aire (de tamaño pequeño) suben atravesando el agua y después el biodiesel. Cada gota queda cubierta por una fina película de agua, lavando el biodiesel por el camino. Cuando la burbuja llega a la superficie estalla y deja caer una gota de agua que vuelve al fondo atravesando de nuevo el biodiesel lavándolo más. Para lograr una mayor limpieza se debe repetir este proceso de tres a cuatro veces consecutivas.

### **Lavado por Centrifugación**

Al biodiesel se le adiciona una corriente de agua con una cantidad de agua a un  $\frac{1}{3}$  o  $\frac{1}{2}$  de la cantidad de biodiesel a lavar y se separa por medio de centrifugación.

### **Lavado por agitación**

Consiste en adicionar agua al biodiesel y agitar durante un tiempo (aproximadamente 1 hora) retirando así las impurezas.

### **Lavado en seco**

Este tipo de lavado se realiza mediante la separación por gravedad o centrifugado, removiendo las trazas de catalizador y jabón vía intercambio iónico; la remoción de glicerina y metanol vía adsorción. Este método no contamina el biodiesel (oxidándolo o inestabilizándolo) ni consume agua; por lo tanto no genera efluentes de contaminación.

**ANEXO X CIRCULAR PRODUCTORES DE BIOCOMBUSTIBLES**



Bogotá, D.C

**CIRCULAR**  
**(SEPTIEMBRE 30 DE 2008)**

**Para:** Productores de biocombustible para uso en motores diesel (biodiesel), distribuidores mayoristas, minoristas y Ecopetrol S.A.

**Asunto:** Ingreso al productor del ACPM mezclado con el biocombustible para uso en motores diesel – Autorización compras a los distribuidores mayoristas al productor de biocombustible.

Respetados señores:

El Ministerio de Minas y Energía se permite señalar el ingreso al productor del biocombustible para uso en motores diesel y de su mezcla con el diesel de origen fósil, que regirá para el mes de agosto del año 2008, tomando como referencia la metodología establecida en la Resolución 18 1780 del 29 de diciembre de 2005, modificada por las resoluciones 18 0212 y 18 2158 del 14 de febrero y 28 de diciembre de 2007, así:

**INGRESO AL PRODUCTOR DEL BIOCOMBUSTIBLE PARA USO EN MOTORES DIESEL**

PRECIO ACEITE <sup>1</sup> (US\$ / TON)	769,74
PRECIO PARIDAD EXPORTACIÓN DEL ACEITE (US\$/GALÓN)	2,66
PRECIO PARIDAD EXPORTACIÓN DEL ACEITE	

<sup>1</sup> De conformidad con lo señalado en el artículo 2º de la Resolución 18 2158 del 28 de diciembre de 2007, el cual modificó el Parágrafo 2º del Artículo 2º de la Resolución 18 1780 del 29 de diciembre de 2005, se calcula como el promedio ponderado de las cotizaciones del aceite de palma crudo (CIF Róterdam) de la publicación Oil World, correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton). Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior. Para el periodo se tuvieron los siguientes precios: Cuarta: US\$315 /Ton; tercera: US\$760 /Ton; segunda: US\$700 /Ton y primera: US\$765 /Ton) y se le multiplica por 1,027.



(\$/GALÓN)	5.472,63
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (US\$/TON)	133
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (US\$/GALÓN)	0,44
TRM PROMEDIO (25 DÍAS)	2.055,03
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (\$/GALÓN)	901,70
PRECIO CONTRATO DEL METANOL (US\$/TON)	516
PRECIO SPOT DEL METANOL (US\$/TON)	443
PRECIO DEL METANOL (US\$/TON)	659
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (US\$/TON)	79,0
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (US\$/GALÓN)	0,26
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (\$/GALÓN)	535,73
<b>INGRESO AL PRODUCTOR PISO DEL BIOCOMBUSTIBLE (\$ / GALÓN)</b>	<b>6.910,07</b>
PRECIO FOB DIESEL No.2 <sup>2</sup> (US\$ / GALÓN)	2,92
PRECIO FOB DIESEL No.2 (US\$ / BARRIL)	122,58

---

<sup>2</sup> De conformidad con lo señalado en el artículo 2º de la Resolución 18 1780 del 29 de diciembre de 2005, se calcula como el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. Gulf Coast Waterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por barril (US\$/barril).



PRECIO FOB DIESEL No.2 (\$/GALÓN)	5.997,76	
PRECIO PARIDAD IMPORTACIÓN DIESEL (\$/GALÓN)	6.892,25	
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (US\$/TON)	133	
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (US\$/GALÓN)	0,44	
TRM PROMEDIO (25 DÍAS)	2.055,03	
FACTOR EFICIENTE DE PRODUCCIÓN (\$/GALÓN)	901,70	
PRECIO CONTRATO DEL METANOL (US\$/TON)	516	
PRECIO SPOT DEL METANOL (US\$/TON)	443	
PRECIO DEL METANOL (US\$/TON)	659	
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (US\$/TON)	79,0	
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (US\$/GALÓN)	0,26	
FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL METANOL (\$/GALÓN)	535,73	
<b>INGRESO AL PRODUCTOR TECHO DEL BIOCOMBUSTIBLE (\$ / GALÓN)</b>		<b>8.329,69</b>



**INGRESO AL PRODUCTOR DEL BIOCOMBUSTIBLE PARA USO EN MOTORES DIESEL<sup>3</sup>: \$8.329,69 / GALÓN.**

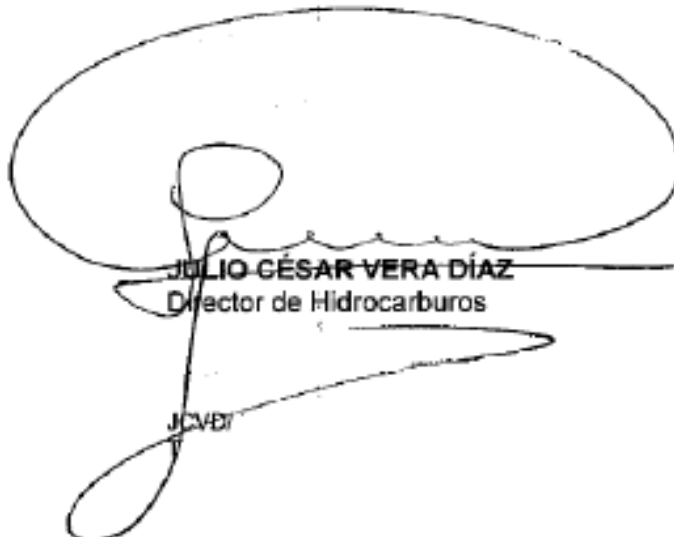
**INGRESO AL PRODUCTOR DEL ACPM<sup>4</sup>: \$ 3.775,22/ GALÓN.**

**INGRESO AL PRODUCTOR DEL ACPM MEZCLADO CON EL BIOCOMBUSTIBLE PARA USO EN MOTORES DIESEL AL 2% DE MEZCLA: \$3.866,31 / GALÓN.**

**INGRESO AL PRODUCTOR DEL ACPM MEZCLADO CON EL BIOCOMBUSTIBLE PARA USO EN MOTORES DIESEL AL 5% DE MEZCLA: \$4.002,94 / GALÓN.**

Cualquier información o aclaración adicional con gusto les será suministrada.

Cordialmente,



**JULIO CÉSAR VERA DÍAZ**  
Director de Hidrocarburos

JCVDI

TRD- 124-04-11

<sup>3</sup> De conformidad con lo señalado en el artículo 5º de la Resolución 18 0212 del 14 de febrero de 2007, el cual modificó el Parágrafo 3º del Artículo 2º de la Resolución 18 1780 del 29 de diciembre de 2005, se calcula como el máximo resultante entre el ingreso piso y el ingreso techo.

<sup>4</sup> Se toma como referencia el ingreso al productor señalado para el mes de octubre de 2008, de conformidad con lo señalado en el Resolución del 18 1644 del 30 de septiembre de 2008.