

**OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES DE FRITURAS
USADOS MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN BÁSICA**

MARIA CAMILA OSPINO RUTH

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y
QUÍMICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, diciembre 14 de 2020

**OBTENCIÓN DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES DE FRITURAS
USADOS MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN BÁSICA**

MARIA CAMILA OSPINO RUTH

**Trabajo de monografía presentado como requisito para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA**

Director: SONIA ESPERANZA REYES GOMEZ

Dra. en Ciencia e Ingeniería de Materiales

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y
QUÍMICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Pamplona, diciembre 14 de 2020

Dedicatoria

Dedicado a Dios en primera instancia, a mis padres, Alfonso Ospino Nava y Vivian Ruth Martínez, a mis queridos hermanos Gina Paola, Luis Alfonso, José Eduardo, pero sobre todo a mi hermana Luisa Alejandra Ospino Ruth como ejemplo de formación personal y profesional, en especial a mi tía Ledys María Ruth Martínez quien contribuyo de manera significativa en este valioso logro propuesto. A todos ellos por su acompañamiento y gran orientación en mi caminar.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por haberme permitido adquirir con gran sabiduría mis conocimientos forjados durante mi proceso de formación profesional, a mis padres Alfonso Ospino Navas y Vivian Ruth Martínez, quienes fueron mi ejemplo a seguir a lo largo de este valioso camino, a mis amigos Andrés, José, Derly y Jesús, por sus consejos brindados, a Daniel Andrés Agamez Jaramillo por gran apoyo incondicional durante este arduo trabajo, a mi profesora Sonia Esperanza Reyes por su amable tutoría prestada durante el desarrollo y culminación de la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	JUSTIFICACIÓN.....	11
3.	OBJETIVOS.....	13
3.1	Objetivo general.....	13
3.2	Objetivos específicos.....	13
4.	ESTADO ACTUAL.....	14
4.1	Energías renovables no convencionales.....	14
4.1.1.1	Energía hidráulica.....	14
4.1.1.2	Energía solar.....	14
4.1.1.3	Energía eólica.....	14
4.1.1.4	Energía mareomotriz.....	15
4.1.1.5	Energía geotérmica.....	15
4.1.1.6	Energía de la biomasa.....	15
4.2	Biocarburantes.....	15
4.3	Biodiésel.....	17
4.4	Panorama del biodiésel en Colombia.....	19
4.5	Obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura usado.....	21
4.5.1.1	Parámetros determinantes en la materia prima (aceite de fritura).....	22
4.5.1.2	Pretratamiento del aceite (aceite limpio y seco).....	22
4.5.1.3	Filtración.....	22
4.5.1.4	Desgomado.....	23
4.5.1.5	Secado.....	23
4.5.1.6	Reacción de transesterificación.....	23
4.5.1.7	Separación de fases.....	24
4.5.1.8	Recuperación de metanol y Postratamiento de biodiésel.....	24

4.6	Parámetros de calidad del biodiésel.	25
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
5.1	Variables de operación determinantes en la reacción de transesterificación básica .	36
5.1.1.1	Tipo de alcohol.	27
5.1.1.2	Relación molar (alcohol:aceite).....	27
5.1.1.3	Efecto del contenido de los ácidos grasos libres (AGL).	29
5.1.1.4	Concentración y tipo de catalizador básico.	29
5.1.1.5	Tiempo y temperatura de reacción.	30
5.2	Parámetros determinantes en la calidad final del biodiésel.....	31
5.2.1.1	Contenido de agua.	32
5.2.1.2	Índice de acidez.	32
5.2.1.3	Número de cetano.	32
5.2.1.4	Contenido de azufre.....	33
5.2.1.5	Glicerina libre.	33
5.2.1.6	Punto de inflamación.	33
5.2.1.7	Punto de turbidez.	34
5.2.1.8	Viscosidad cinemática y densidad.....	34
6.	CONCLUSIONES	38
7.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	39
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
9.	anexos	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Plantas productoras de biodiésel en funcionamiento en Colombia.	19
Tabla 2. Parámetros de calidad del biodiésel en normas ASTM D651 Y EN 14214.	25
Tabla 3. Influencia de la relación molar y tipo de catalizador alcalino en la reacción de transesterificación.	29
Tabla 4. Influencia del tipo de la composición y tipo de catalizador en la reacción de transesterificación.	30
Tabla 5. Influencia de la temperatura, relación molar (aceite:metanol) y tipo de catalizador en la reacción de transesterificación.	31
Tabla 6. Propiedades físicas y químicas del diésel y biodiésel.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Suministro total de energía por combustible, 2018.	18
Figura 2. Suministro total de energía primaria por combustible, 1971.	18
Figura 3. Demanda nacional de biodiésel (2020).	20
Figura 4. Diagrama de proceso, obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura usado. ...	21
Figura 5. Efecto del exceso de metanol en la reacción de transesterificación.	28
Figura 6. Efecto de los AGL en transesterificación básica.	29

GLOSARIO

Abreviaturas

- Aceite Combustible para Motores (ACPM)
- Aceite Vegetal Usado (AVU)
- Ácidos Grasos Libres (AGL)
- American International for Testing and Materials (ASTM)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Etanol (CH₃CH₂OH)
- European Committee for Standardization (NE)
- Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME, por sus siglas en inglés)
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedecombustibles)
- Fuentes de Energía No Convencionales (FENC)
- Gases de Efecto Invernadero (GEI)
- Hidróxido de potasio (KOH)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Metanol (CH₃OH)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)
- Óxidos de azufre (SO_x)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Material particulado (MP)
- Uso Racional de la Energía (URE)

1. INTRODUCCIÓN

El biodiésel es una fuente de energía, proveniente de recursos renovable destinado para el proceso de combustión. Es biodegradable, presenta bajos niveles de material particulado (MP) en un 50%, reduce las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) como CO₂, NO_x y SO_x, que contribuyen a la problemática actual del impacto ambiental proveniente de las fuentes fósiles. El biodiésel frente al diésel convencional presenta además, ventajas de eficiencia y durabilidad en el motor por sus distintas propiedades que conllevan a la mejora de autoignición en el punto de inflamabilidad, número de cetano y lubricidad (Llanes Cedeños et al., 2017; Mafla Yopez et al., 2018). El biodiésel puede ser obtenido de diferentes fuentes de materia prima, según su procedencia se clasifican como de primera, segunda, tercera y cuarta generación. En general los biocombustibles obtenidos, para poder ser utilizados, requieren tratamientos rigurosos para la disminución de su viscosidad, contenido de ácidos grasos libres, contenidos de agua y entre otras propiedades que pueden conllevar a desfavorecer las características inicialmente mencionadas (Llanes Cedeños et al., 2017).

La investigación realizada en el presente trabajo, estudia los principales parámetros que inciden en el rendimiento del biodiésel y su calidad final, mediante el uso de materia prima proveniente de residuos (aceite de fritura usado), con la finalidad de contribuir en la reducción de contaminantes que se generen gracias a los depósitos de estos aceites proveniente de hogares, restaurantes y de grandes industrias alimenticias que en su destino final terminan en las fuentes hídricas aledañas. Para este fin, se llevó a cabo una revisión bibliográfica del panorama actual del biodiésel y normativas regulatorias que incentivan a la buena práctica de destinación de estos aceites y demás marcos legales que en general promueven el estudio y aplicaciones de las energías renovables a nivel nacional e internacional del país, el posicionamiento de las empresas existentes dedicadas a esta producción a partir de los aceites de residuales, los factores determinantes en el proceso de transesterificación alcalina, identificación de algunos parámetros y requerimientos principales para la elección del tipo de materia prima, pretratamientos necesarios y la influencia de las variables de operación en el rendimiento del biocombustible como la relación molar alcohol:aceite, concentración y tipo de catalizador (KOH y NaOH), temperatura y tiempo de reacción, basados en las normativas internacionales estándar como la ASTM D6751 (American Society for Testing and Materials) y la EN14214 (European Committee for Standardization).

2. JUSTIFICACIÓN

Debido a su ubicación geográfica, Colombia cuenta con una alta biodiversidad y facilidad en recursos naturales, lo cual permite una amplia exploración en el mercado de energías renovables (ColombiaCo, n.d.). En el campo de los biocombustibles estas diversidades favorecen la producción del biodiésel a partir de plantaciones agrícolas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta el porcentaje del suelo que se utiliza para tal producción; puesto que se debe equilibrar con el que se usa para el cultivo de alimentos (Gualteros & Hurtado, 2013). Desde hace décadas, las energías renovables han sido fomentadas a través de marcos legales de carácter financiero y tributario con el propósito de incentivar la transición energética. En el 2004 se decretó la Ley 939 que estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel, la cual en 2008 impulsó las plantas productoras del biodiésel (*Ley 393*, 2004).

El desarrollo y producción de estos recursos, podría representar una solución prometedora no solo como sustituto de combustibles fósiles, sino que también para cuidar y preservar el medio ambiente. Además, el sector de los biocombustibles se ha convertido en un motor de la economía en diversos países, gracias a la generación de empleos en otros sectores como el agrícola, industrial y de servicios, logrando así un mayor posicionamiento en los últimos años (Lombana et al., 2015).

En función de lo anteriormente mencionado, se ha dispuesto obtener un recurso alternativo como el biodiésel, el cual se desea realizar teniendo en cuenta tres aspectos importantes, el primero de ellos se sustenta con el factor ambiental partiendo de la generación de combustibles el cual contribuya a la mitigación de los GEI. Como segundo aspecto, se busca reducir las altas demandas y posibles limitaciones de reservas energéticas de petróleos, y como tercera razón, se busca la reutilización de residuos orgánicos como lo es el aceite de fritura, con el objetivo de generar un valor agregado del mismo. Se debe tener en cuenta que, de acuerdo al estudio realizado por la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Industrial de Santander con base en la Encuesta de la Situación Nutricional en Colombia 2010, se determinó que el 92,6% pertenece al consumo de alimentos fritos en Colombia en un estudio realizado de forma aleatoria en los diferentes departamentos del país (Herrán et al., 2016). De esta manera se evidencia un alto crecimiento de consumo, generando una gran cantidad de estos residuos en

microempresas de comidas rápidas, o bien sea en hogares que en su término final simplemente son depositados en drenajes.

Teniendo en cuenta esta afirmación, los aceites residuales también son considerados como grandes contaminantes, la presencia de estos en un cuerpo de agua superficial genera ausencia de intercambio de oxígeno y en la presencia del suelo genera erosión e infertilidad del terreno ocasionando alteraciones en el ecosistema. De esta manera, impulsar en Colombia una alternativa de biocombustible a partir del aceite de frituras, contribuiría a la generación de valor agregado de un residuo altamente contaminante, una reducción significativa en un 8% de GEI en el sector de transporte y una alternativa ante la posibilidad de la disminución de reservas fósiles (Minambiente, 2018).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura usado como una alternativa sustentable de materia prima.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto de los parámetros fisicoquímicos del aceite de fritura usado, tales como: contenido de ácidos grasos libres (AGL), tiempo y temperatura de exposición del aceite e índice de humedad en las variables de rendimiento y conversión en el proceso de transesterificación.
- Estudiar el efecto de los cambios en las siguientes variables de operación para la obtención del biodiésel como la relación molar (alcohol: aceite), concentración y tipo de catalizador (KOH y NaOH), temperatura y tiempo de reacción.
- Identificar los parámetros de calidad del biodiésel para asegurar que cumpla con las normas internacionales.

4. ESTADO ACTUAL

4.1 Energías renovables no convencionales

El termino renovable hace referencia a los recursos provenientes de fuentes naturales, las cuales no impactan de manera nociva al planeta, a diferencia de las derivadas de las fuentes fósiles. Con la intención de contrarrestar factores de dependencia de recursos fósiles y el impacto medioambiental nocivo, Colombia, introduce políticas para el impulsar el Uso Racional de la Energía (URE) junto con las Fuentes de Energía No Convencionales (FENC) de la Resolución 180919 del Ministerio de Minas y Energía (Ahumada, 2015; *Resolución 180919*, 2010). Actualmente algunas de estas reservas energéticas no limitadas se derivan en:

4.1.1 Energía hidráulica.

Es obtenida a través de la cinética generada en las corrientes acuáticas por medio de saltos y caídas libres de las fuentes hídricas. Estas energías son generalmente aprovechadas en centrales hidroeléctricas de presas (Ahumada, 2015).

4.1.3 Energía solar.

Obtenida por medio de la radiación electromagnética captada por células fotovoltaicas las cuales transforman la luz solar en electricidad. A nivel mundial este tipo de energía presenta una alta demanda de electricidad después de la eólica, con una producción entre 0,85% y 1% (Ahumada, 2015; Upme, 2015).

4.1.4 Energía eólica.

Utiliza la cinética del viento como fuerza motriz, la cual es transformada en energía eléctrica por medio de aerogeneradores. Actualmente es una de las fuentes con mayor crecimiento en los últimos 10 años pasando de 48 GW en el 2004 a los 318 GW en el 2013 con una tasa de crecimiento del 21% en los últimos 5 años (Ahumada, 2015; Upme, 2015).

4.1.5 Energía mareomotriz.

Se obtiene a partir de la energía cinética del movimiento que emplea el ascenso y descenso de las mareas ejercidas por las fuerzas gravitatorias del sol y la luna, las cuales a través del movimiento permiten el giro de las turbinas y generar así mismo la electricidad (Gonz et al., 2015).

4.1.6 Energía geotérmica.

Se obtiene debido a los procesos de intercambio de calor en el interior de la tierra mediante la interacción de cuerpos subterráneos que se reflejan en fuentes termales; por tanto, el aprovechamiento de este tipo de energía renovable presenta ciertas restricciones, ya que no se encuentran disponibles en cualquier zona, generalmente casi siempre se presenta en mayor proporción en ubicaciones cercanas a volcanes o en terrenos que presenten ciertas características geológicas (Ahumada, 2015).

4.1.7 Energía de la biomasa.

La biomasa, hace referencia a la de materia orgánica formada mediante procesos biológicos que dependen de su naturaleza y composición. La conversión de la biomasa emite energía mediante los procesos de transformación física o química en compuestos sólidos (materiales lignocelulósicos), gaseosos (Biogás) y los denominados biocarburantes líquidos destinados a la automoción (Biodiésel y Bioetanol), así como también en la utilización de combustión directa de biomasa (Romero, 2010). Esta fuente de energía suma aproximadamente un 10% de consumo mundial incluyendo su uso moderno de bioenergía y biocombustible, así como también en su uso tradicional como lo es el caso de consumo de leña ampliamente utilizado en los países subdesarrollados para labores de cocción de alimentos y la iluminación (Lombana et al., 2015).

4.2 Biocarburantes.

Los denominados biocombustibles conservan su estado líquido en condiciones de presión y temperatura ambiente, así como también presentan características similares de los combustibles provenientes de fuentes fósiles; por tanto, permite la utilización de motores de

combustión interna asignados a fuentes convencionales sin una modificación estructural significativa (Alfonso, 2013). De acuerdo a la fuente de materia prima, los biocombustibles pueden ser clasificados como de primera, segunda, tercera y cuarta generación, los combustibles de primera generación son pertenecientes a los cultivos alimentarios (granos, maní, caña de azúcar, aceites vegetales de palma, girasol, soja, cártamo, colza y coco). Lo anterior hace visible dos principales problemáticas a nivel mundial, como son cultivos ocasionan deforestación de bosques como producto de plantaciones, arranque, preparación del suelo y uso de más cantidad de terreno cultivable para la destinación de la producción de biocombustibles. Por otro lado, se presenta un conflicto con la seguridad alimentaria por la alta demanda del consumo junto con el aumento masivo de precios de cultivos; sin embargo se propone una posible solución al debate “biocombustible vs alimentos” con la llamada la segunda generación, que consiste en la utilización de materias primas que no comprometan la seguridad alimentaria del consumo humano y así mismo proteger la exposición ambiental (Bhuiya et al., 2014; Lombana et al., 2015; Mohr & Raman, 2013; Naik et al., 2010).

Siguiendo las pautas del no consumo humano, se planea otra fuente de biocombustible de segunda generación que consiste en el aprovechamiento de residuos forestales y agrícolas como los lignocelulósicos que provienen de las paredes de las plantas. Es una biomasa vegetal abundante que brinda economía con respecto a las materias primas de consumo agrícolas, la paja de trigo, la biomasa leñosa y los aceites reciclables también pertenecen a esta clasificación por sus características y propiedades (Gómez et al., 2013; Mohr & Raman, 2013; Ramos et al., 2016).

Los aceites usados de fuentes animales y vegetales presentan restricciones en sus propiedades químicas, por lo que el contenido de Ácidos Grasos Libres (AGL) influyen significativamente en la reacción de transesterificación y por consiguiente en el rendimiento del biocombustible, lo cual ocasiona una baja comercialización global. Sin embargo, el hecho de hacer uso de residuo altamente contaminante hace de ella una fuente muy interesante y amigable ambientalmente (Castillo, 2018).

La tercera generación pertenece al aprovechamiento de las microalgas como gran potencial de fuente energética con mayor índice de rendimiento debido a la alta cantidad de aceite que ofrece en relación con su masa, la cual se obtiene a partir de cultivos en reactores fotoquímicos o en

piletones al aire libre con el objetivo de extraer sus aceites que finalmente son destinados para el proceso de producción de biocombustible. Por otro lado, el mantenimiento en condiciones de operación requiere de mucho control de temperatura, y altas aplicación de fertilizantes (Castillo, 2018; Ramos et al., 2016). Finalmente, la cuarta generación genera biocombustible a partir de bacterias genéticamente modificadas con el propósito de hacer una alta captura y almacenamiento de los GEI, más de treces que los normales que hace de ella un alternativa muy positiva para el entorno, actualmente hay muy pocas investigaciones con respecto a esta generación ya que es la más reciente por lo que se hacen más estimaciones teóricas (Lombana et al., 2015; Ramos et al., 2016).

4.3 Biodiésel.

De acuerdo a la ASTM (American International for Testing and Materials) por sus siglas en inglés, el biodiésel se define como “*ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivado de aceites vegetales o grasas animales*”. Denominado B-100 en su estado de pureza y que cumple con los estándares mínimos de la ASTM 6751 para su consideración de biocombustible. El biodiésel también es conocido como FAME (Fatty Acid Methyl Esther) donde hace referencia a un compuesto que posee ésteres monoalquílicos, que en general se considera como sustituyente parcial o total del diésel convencional por poseer características fisicoquímicas similares aún siendo de origen natural. Actualmente, se utiliza más los contenidos parciales de biodiésel debido a los elevados costos de producción del biocombustible (Castillo, 2018).

En un panorama internacional, de acuerdo a la IEA (Agencia Internacional de la Energía) en las figuras 1 y 2 el petróleo ha tenido una disminución del 12,6% en el transcurso de los años 1971 al 2018 con respecto al suministro total de energía primaria, donde indica descenso en el consumo y producción de la fuente fósil, mientras que para el caso de los biocombustibles la disminución en el suministro total de energía durante su trayectoria es de 1,8% indicando un mantenimiento casi constante en la demanda en comparación con el petróleo.

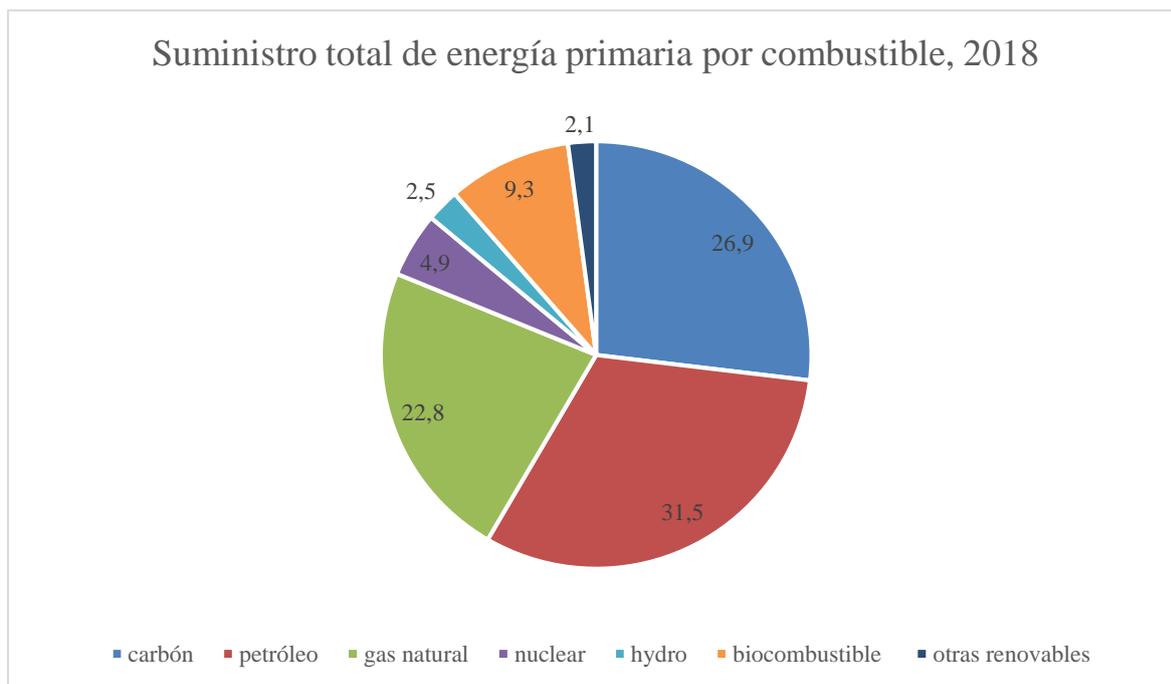


Figura 1. Suministro total de energía por combustible, 2018.

Fuente: (International Energy Agency, 2020)

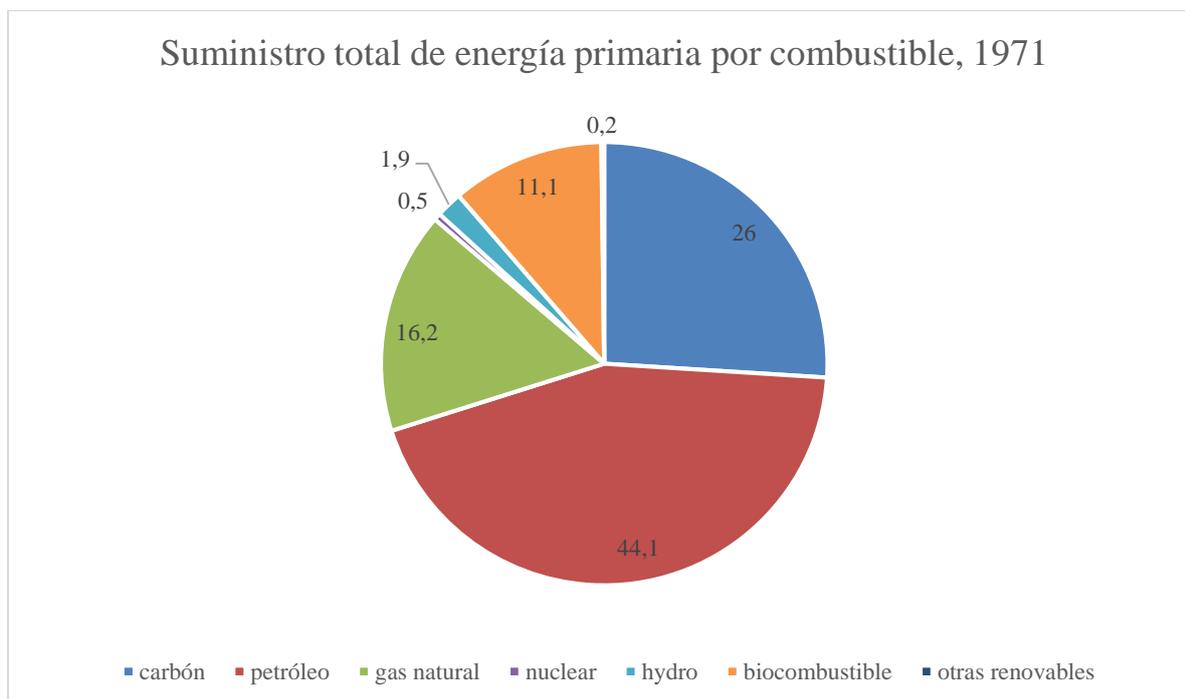


Figura 2. Suministro total de energía primaria por combustible, 1971.

Fuente: (International Energy Agency, 2020).

4.4 Panorama del biodiésel en Colombia.

En el 2004, el Ministerio de Minas y Energía impone la Ley 939 se estipulan los aspectos legales e incentivos tributarios de la producción, comercialización y mezcla parcial o total de los biocombustibles con el ACPM (Aceite Combustible para Motores) de fuente animal o vegetal en los motores diésel (*Ley 393, 2004*). En el 2007, el Ministerio de Minas y Energía establece el decreto 2629, donde se dictan medidas para los vehículos y demás artefactos que usen combustibles para su funcionamiento, así como también se establecen disposiciones que fomenten el uso de biocombustibles en el país (*Decreto 2629, 2007*).

En enero de 2008, Colombia inicia sus primeras producciones de biocombustible a partir de aceite de palma, siendo la materia prima más utilizada por su alta producción de aceite con respecto a las otras fuentes de aceite vegetal en el país. Actualmente Colombia se posesiona como el cuarto país en producción de biodiésel a partir de aceite de palma africana y líder de Latinoamérica después de Indonesia, Malasia y Tailandia (Indexmundi, 2020; Martínez Peláez, 2013). En la tabla 1 se describe la producción anual y las regiones de las plantas productoras de biodiésel en Colombia, siendo las más destacadas: Biocombustibles Sostenibles del Caribe, Bio D y aceites Manuelitas de acuerdo a la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedecombustibles), mientras que en la figura 3 se ilustra la demanda actual del biodiésel en Colombia (demanda nacional: producción nacional + importaciones) desde el 2019 a 2020 mensualmente por toneladas.

Tabla 1. Plantas productoras de biodiésel en funcionamiento en Colombia.

Fuente: (*Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2020b*).

Región	Empresa	Capacidad (Ton/año)	Fecha de entrada en operación
Santa Marta, Magdalena	Biocombustibles Sostenibles del Caribe	152.000	2009/03/01
Codazzi, Cesar	Oleoflores	70.000	2008/01/01
Barranquilla, Atlántico	Romil de la Costa	-	-
Gálapa, Atlántico	Biodiésel de la Costa	-	-
Santa Marta, Magdalena	Odín Energy	35.000	-
Facatativá, Cundinamarca	BioD	200.000	2009/02/01
Barrancabermeja, Santander	Ecodiesel Colombia	115.000	2008/06/01

San Carlos de Guaroa, Meta	Aceites Manuelita	120.000	2009/07/01
San Carlos de Guaroa, Meta	Inversiones La Paz	70.000	-
Barrancabermeja, Santander	ALPO	12.000	-
Santa Marta, Magdalena	Biocosta Green Energy	70.000	-
Total		844.000	

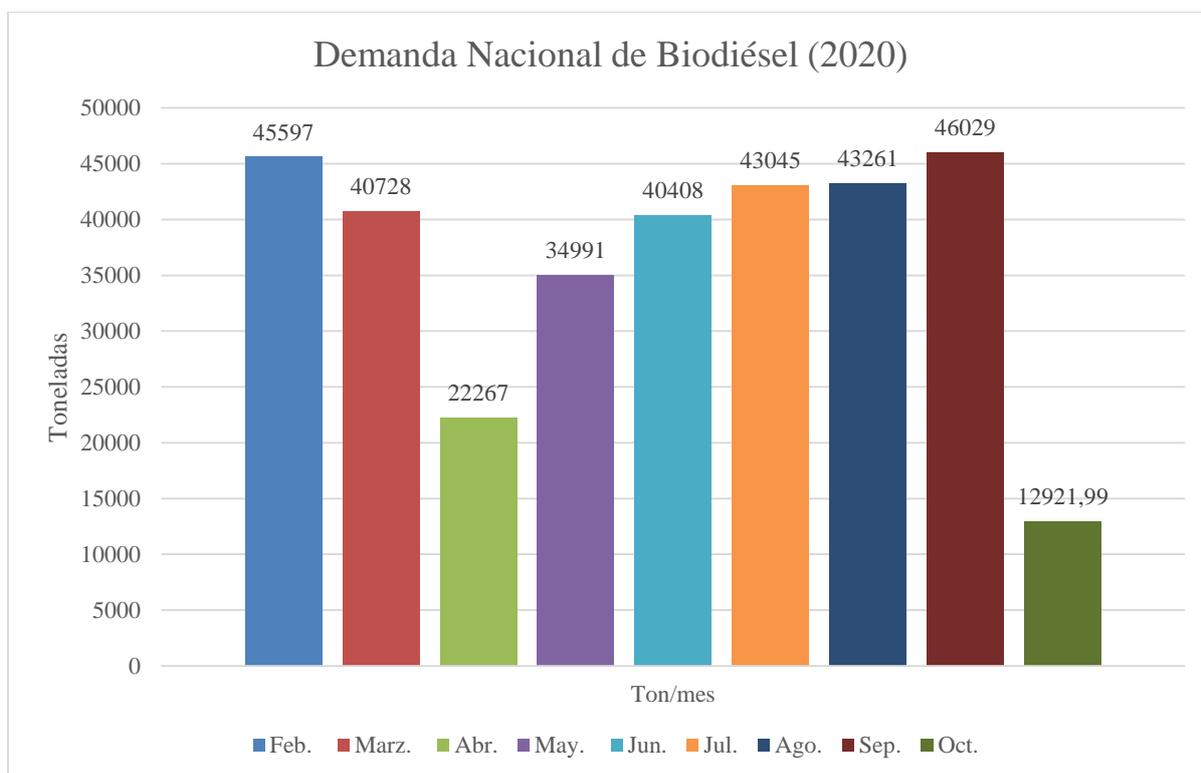


Figura 3. Demanda nacional de biodiésel (2020).

Fuente: (*Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2020a*).

Recientemente en marzo del 2018, el MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) estableció la Resolución 316 donde promulgó la reglamentación para la disposición de aceite de cocina usados en el país, con el fin de disminuir los impactos nocivos principalmente en las fuentes hídricas, suelo y salud humana, en el que se tiene en cuenta las disposiciones y normativas para los productores, distribuidores y comercializadores, así como también los gestores de recolección, tratamiento y aprovechamiento de estos aceites usados. Se deberá realizar bajo el cumplimiento de la normativa con el objetivo de generar un valor agregado a estos residuos para la generación de nuevos productos a través de un modelo de economía circular, pero sobre todo el principal objetivo estaría enfocado en la producción de biodiésel

como un impulso en la reducción de GEI en el sector de transporte en el país (Minambiente, 2018; *Resolución 0316*, 2018).

Actualmente Colombia cuenta con empresas dedicadas a la producción de biodiésel a partir de aceites residuales. Eco gras Colombia, en el año 2011, pone en marcha la planta productora de biodiésel ubicada en el municipio de Itagüí Antioquia, donde su materia prima proviene de los hogares, restaurantes, hoteles, empresas e industrias alimenticias que generan estos residuos. La empresa está dedicada a la exportación de biodiésel al sector Europeo (*Eco gras Colombia*, 2011). En el 2017, Biogras S.A.S, empresa dedicada a la recolección de Aceite Vegetal Usado (AVU), la planta tiene una capacidad de tratamiento y recepción de 30 ton/día, 7000 ton/año de tratamiento, y 280 ton de almacenamiento, la recolección del aceite vegetal usado se hace en el mercado de los restaurantes, fast food, hoteles, comedores comunitarios, entre otros, y junto la planta Colombiana Bio D, producen Biodiésel (*Biogras S.A.S*, 2017).

4.5 Obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura usado.

La figura 4 ilustra un diagrama de proceso general para la obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura por transesterificación básica.

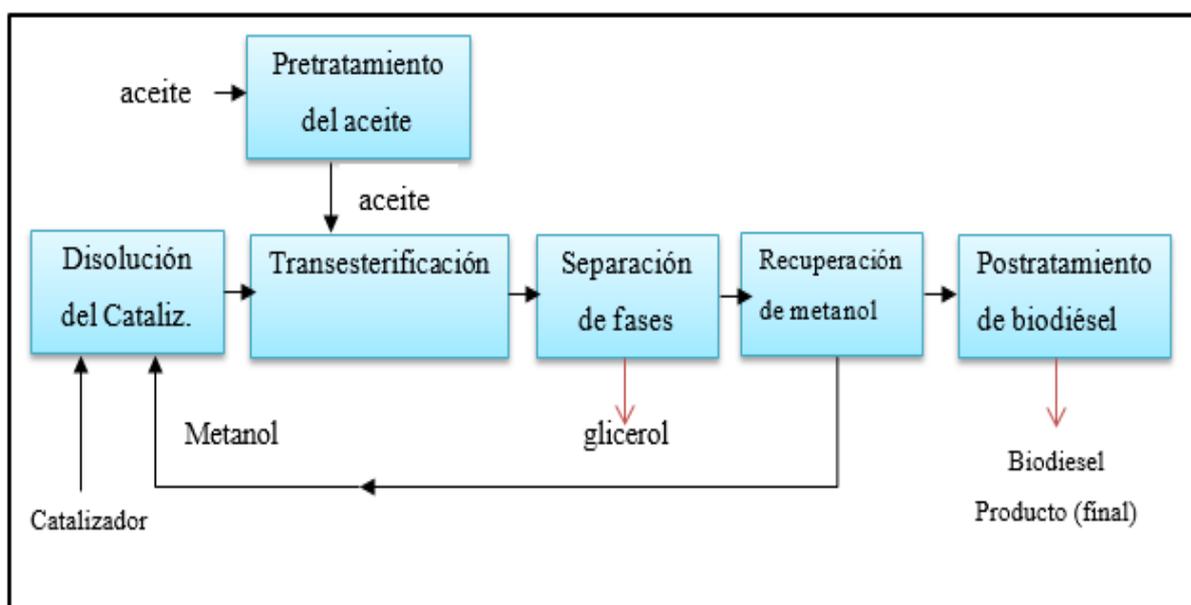


Figura 4. Diagrama de proceso, obtención de biodiésel a partir de aceite de fritura usado.

Fuente: (Barriga, 2011).

4.5.1 Parámetros determinantes en la materia prima (aceite de fritura).

Los aceites de frituras son sometidos a temperatura elevadas y continuas veces de uso en procesos de cocción de alimentos, cuando esto ocurre, tanto el alimento como el aceite, experimentan cambios en la composición química, color, textura, entre otras propiedades físicas y químicas que conllevan a la pérdida de su calidad por oxidación lipídica, reacción de hidrólisis, reacción polimérica, entre otras propiedades. El aumento en su viscosidad proviene de la polimerización y el aumento de los AGL, y el índice de acidez proviene de la reacción de hidrólisis como producto del agua liberada de los alimentos a altas temperaturas y repetitivas veces de uso. También se determina que la intensidad en las afectaciones de las propiedades físicas y química van en función del tipo de aceite expuesto al proceso de fritura (Cabreriso et al., 2016; Ciappini et al., 2016). Las variables de temperatura y periodo de reutilización son de vital importancia en la selección del tipo de aceite de fritura empleado, debido a su influencia en el incremento de impurezas que en consecuencia se reflejan en las características del aceite usado y en efecto en la calidad final del biodiésel obtenido de esta fuente.

4.5.2 Pretratamiento del aceite (aceite limpio y seco).

La catálisis alcalina es sensible a la pureza de los reactivos, por tanto, se hace necesario un acondicionamiento previo a los aceites usadas, ya que estos suelen presentar gran cantidad de AGL, humedad e impurezas sólidas (Barriga, 2011).

4.5.3 Filtración.

Esta operación se realiza con el objetivo de retener partículas sólidas que conlleven a elevar el grado de impureza, generalmente se realiza en tamiz de 5 micras. Se puede realizar a temperatura baja para la filtración de ceras como producto de la solidificación de la grasa o para la eliminación de componentes con bajos puntos de fusión que suelen formarse en el proceso de fritura o en altas temperaturas para disminuir la viscosidad y conllevan a una mayor fluidez en el aceite (Barriga, 2011). La normativa de la ASTM E11-20, señala la especificación estándar para tela de tamiz de prueba de alambre tejido y tamices de prueba que tienen un tamaño de apertura nominal entre 125 mm a 20 μm (ASTM E11-20, 2020).

4.5.4 Desgomado.

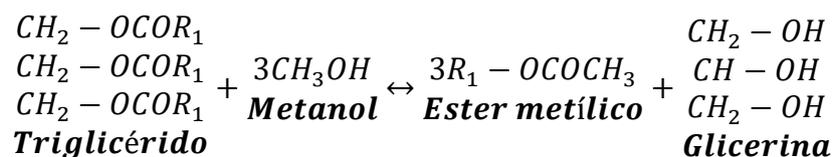
Se realiza con el propósito de eliminar sustancias coagulables (fosfolípidos, fosfátidos, sales, minerales y proteínas) mediante el proceso de hidratación con el fin de generar masas gomosas insolubles en aceite y finalmente eliminarlas por medio de la decantación o centrifugación. Este proceso se realiza en forma de lavado con agua destilada al aceite ya filtrado, luego se agita y se deja reposar en un periodo de 12 a 24 horas (Abularach & Amurrio, 2010; Alfonso, 2013; Barriga, 2011).

4.5.5 Secado.

Este tratamiento térmico se realiza en última instancia con el objetivo de reducir el índice de humedad a consecuencia del lavado del aceite, ya que el contenido de agua afecta la reacción de transesterificación. Este proceso consiste en calentar el aceite en un horno de aire caliente a 110°C durante un periodo de dos horas o en 15 minutos a una presión 0,75 atmósferas a una temperatura entre 90 y 100°C (Abularach & Amurrio, 2010; Alfonso, 2013).

4.5.6 Reacción de transesterificación.

El alto índice de viscosidad en los aceites vegetales dificulta su uso directo en motores de combustión interna a pesar que poseer características similares al diésel convencional, por tanto, se hace necesario realizar la reacción de transesterificación o alcoholísis, la cual utiliza una fuente de triglicéridos (aceite vegetal o animal), un alcohol de cadena corta como el metanol (CH_3OH) o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) y se emplea en medio básico. Esta reacción es reversible, pero la diferencia de miscibilidad entre el biodiésel y la glicerina, hacen que la reacción mantenga el equilibrio hacia los productos (Alfonso, 2013; Castillo, 2018). La reacción de transesterificación se genera mediante tres etapas, iniciando con la formación de triglicérido a diglicérido y un primer éster, luego el diglicérido es transformado a monoglicérido y un segundo éster, finalmente el monoglicérido es transformado a glicerol y un tercer éster metílico (Castillo, 2018).



Reacción 1. Transesterificación alcalina.

4.5.7 Separación de fases.

Este proceso se realiza mediante el aprovechamiento de la diferencia de densidad y solubilidad entre biodiésel y el glicerol, por esta razón, su separación puede lograrse bajo efecto de la gravedad en un decantador con requerimiento de tiempos considerables, aun que como alternativa puede ejecutarse el empleo de una centrifuga para el ahorro de tiempo y agilidad de separación, pero sin olvidar la implicación en el aumento de costos de producción; unos de los factores a tener en cuenta en el proceso de separación de fase, es el aumento de la agitación en la reacción de transesterificación, ya que su ejecución genera mayor dispersión de gotas finas de glicerol en la mezcla, por tanto se requiere su disminución y control en el avance de la reacción (Barriga, 2011).

4.5.8 Recuperación de metanol y Postratamiento de biodiésel.

Este proceso se realiza con el objetivo de purificar los metil ésteres, puesto que después de la transesterificación y separación de fases, el biodiésel suele contener trazas de impurezas de parte de metanol en exceso, posibles jabones formados, sales, glicerol y pequeñas cantidades de catalizador, por tanto, generalmente el biodiésel se somete a temperatura y vacío donde se evapora y recupera el metanol, esto permite el ahorro de insumos y evita las emisiones de metanol al ambiente. Posteriormente a este proceso, se requiere el lavado de biodiésel que particularmente en la catálisis básica se realiza con agua acidulada (ácido fosfórico o ácido cítrico) por aspersión de agua caliente entre 50 y 60 °C, con el fin de neutralizar y arrastrar los restos de impurezas, finalmente se realiza el proceso de secado y filtrado con calor y vacío para separar el contenido de agua restante y así obtener un producto terminado en condiciones estándares libres de impurezas que infieren en la calidad de biodiésel (Barriga, 2011; Medina et al., 2012).

4.6 Parámetros de calidad del biodiésel.

Muchos factores influyen en la calidad del biodiésel después de la transesterificación. El primero de ellos se relaciona con la mayor conversión en el escalonamiento de la transesterificación hasta su última etapa de reacción, el segundo se relaciona con la elección y caracterización fisicoquímica de la materia prima dependiendo del perfil de ácidos grasos libres y demás propiedades determinantes. La tercera influencia implica la reacción a la exposición de materiales extraños que inciden en la eficiencia de la transesterificación, por tanto, es importante abordar a través de ciertos límites de especificaciones en las normas de biodiésel como solución posible a estos factores. La ASTM D6751 y la EN 14214 en general son las normas empleadas para la estandarización de pruebas y parámetros fisicoquímicos que infieren en la obtención del biodiésel y sus características en el proceso de combustión del motor; en la tabla 2 se especifican los límites permitidos por cada una de las normas internacionales y métodos de prueba para la obtención del biodiésel.

Tabla 2. Parámetros de calidad del biodiésel en normas ASTM D651 Y EN 14214.

Parámetros de calidad del biodiésel						
Propiedad	ASTM D6751			EN 14214		
	Min.	Max.	Método de prueba	Min.	Max.	Método de prueba
Contenido de éster (% masa)	-	-		96,5	-	14103
Punto de inflamación (°C)	93	-	D 93	101	-	ISO 2719 ISO 3679
Glicerina libre (% masa)	-	0,020	D6584	-	0,020	14105 14106
Glicerina total (% masa)		0,240	D6584	-	0,240	14105
Índice de yodo (g yodo / 100 g)	-	-	-	-	120	14111
Densidad a 15°C (Kg/m ³)	-	-	D 4052 D 1298	860	900	ISO 3675 ISO 12185
Viscosidad cinemática a 40°C (mm ² /s)	1,9	6,0	D445	3,5	5,0	ISO 3104
Índice de acidez (mgKOH/g)	-	0,5	D 664	-	0,5	EN 14104
Carbón residual (% en masa)	-	0,050	D4530	-	0,30	ISO 10370
Número de cetano	47	-	D613	51	-	ISO 5165

Punto de ebullición (°C)	130			101,0	-	-
Contenido de metanol (% masa)	-	-	-	-	0,2	14110
Contenido de monoglicérido (% masa)	-	-	-	-	0,8	14105
Contenido de diglicéridos (% masa)	-	-	-	-	0,2	14105
Contenido de triglicéridos (% masa)	-	-	-	-	0,20	14105
Contenido de agua (mg/kg)	-	-	-	-	500	ISO 12937
Agua y sedimento % volumen	-	0,050	D2709	-	-	-
Azufre (mg/kg) EN % masa (ppm) ASTM	-	0,0015 0,05 (S15 y S500)	D5453	-	10	ISO 20846 ISO 20884
Contenido de fósforo (% masa) ASTM (mg/kg) EN	-	0,001	D4951	-	4	14107
Número ácido (mg KOH / g)	-	0,50	D664	-	0,5	14104
Contenido de ácido linolénico (% masa)	-	-	-	-	12	14103
Ceniza sulfatada (% masa)	-	0,020	D874	-	0,02	ISO 3987
Estabilidad de oxidación ASTM, 110°C EN (horas)	3		14112	6	-	14112
Punto de turbidez °C	Reporte		D2500	-	-	-
Contaminación total (mg/kg)	-	-	-	-	24	12662
Destilación T90 AET (°C)	-	360	D1160	-	-	-

Fuente: (ASTM International, 2020; European Committee for Standardization, 2020).

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Principales variables de operación en la reacción de transesterificación:

5.1.1 Tipo de alcohol.

Los alcoholes aceptables para la reacción de transesterificación son el metanol, etanol, propanol, isopropanol y butanol, pero el metanol y el etanol son los más empleados a nivel industrial para la obtención de biodiésel, ya que los demás presentan sensibilidad a la contaminación con agua, la cual inhibe la reacción, de acuerdo a esto se estaría generando ésteres etílicos con el etanol y ésteres metílicos con el metanol, comparado estos dos alcoholes, el etanol durante la reacción, forma emulsiones inestables entre los ácidos grasos y el alcohol que incrementa la dificultad de la separación de fases entre el éster y el glicerol, mientras que el metanol gana relevancia debido a su economía, mayor conversión y menor exigencia en cuanto a condiciones de reacción, ya que la generación de emulsiones resulta ser más estable y facilita la separación de fases de productos, además que cumplir con la cualidad de ser un alcohol de cadena más corta (Castillo, 2018; Medina et al., 2012). El nivel de pureza del alcohol empleado juega un rol importante en la reacción por la característica del azeótropo, por tanto se recomienda un alcohol en lo posible libre de agua para disminuir la posibilidad de formación de jabón (Abularach & Amurrio, 2010).

5.1.2 Relación molar (alcohol:aceite).

Por estequiometría, la relación molar entre alcohol y triglicérido es de 3:1 respectivamente, al ser una reacción de alcoholólisis, implica que sea reversible, por lo cual se hace necesario un exceso de alcohol para desplazar el equilibrio hacia la formación de producto con el objetivo de alcanzar altas conversiones (Argumedo, 2019; Castillo, 2018). Una de las mayores dificultades para alcanzar conversiones cercanas al 100% es la presencia del alcohol en los productos, ya que provoca un aumento de la solubilidad del glicerol y dificulta su separación y en consecuencia, la reacción se desplaza en sentido inverso evitando la formación de ésteres (Castillo, 2018). La figura 5 ilustra el efecto del exceso de alcohol con respecto a la producción de biodiésel en sus tres etapas, en donde se observa que a medida que aumentan las moles iniciales de la relación molar (alcohol:aceite) y en conjunto el exceso de alcohol, aumenta la

conversión hacia producto, a condiciones de reacción de temperatura a 60°C, 1 hora de proceso y 0,5% de catalizador (metóxido de sodio). Por tanto, el empleo del exceso de alcohol si favorece la conversión de los reactivos hacia producto, pero teniendo en cuenta el estudio de rangos apropiados debido al impedimento en el proceso de separación de fase de productos.

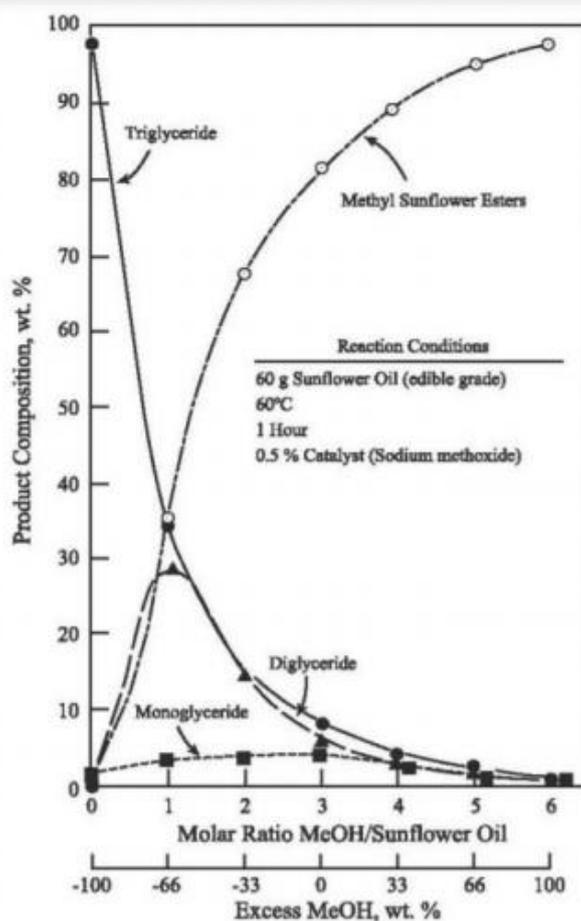


Figura 5. Efecto del exceso de metanol en la reacción de transesterificación.

Fuente: (Castillo, 2018).

Por otro lado, en la investigación titulada “Diseño y construcción de un reactor batch para la producción de biodiésel como combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales variando la relación molar aceite/alcohol” de la Universidad de Pamplona, donde se emplearon dos ensayos con mismas condiciones de operación de temperatura a 60°C y concentración y tipo de catalizador de 0,5%, de los cuales se evidencia la influencia del cambio en la variable (alcohol:aceite), siendo la de mayor rendimiento (7:1) con respecto a la de (5:1) molar.

Tabla 3. Influencia de la relación molar y tipo de catalizador alcalino en la reacción de transesterificación.

Catalizador	Catalizador (%w/w)	Relación molar (Metanol:aceite)	% Rendimiento
KOH	0,5%	5:1	79,1%
KOH	0,5%	7:1	85%

Fuente: (Argumedo, 2019).

5.1.3 Efecto del contenido de los ácidos grasos libres (AGL).

La reacción de transesterificación alcalina presenta serios inconvenientes con el alto contenido de AGL, el cual genera la reacción de saponificación, por lo que se recomienda manejar límites, entre 0,5% a 3% de AGL en la materia prima, dado que manejar límites superiores da como resultado agua (reacción 2), ya que en consecuencia disminuye el rendimiento de ésteres y la eficiencia del catalizador (Atabani et al., 2012; Huang et al., 2010).

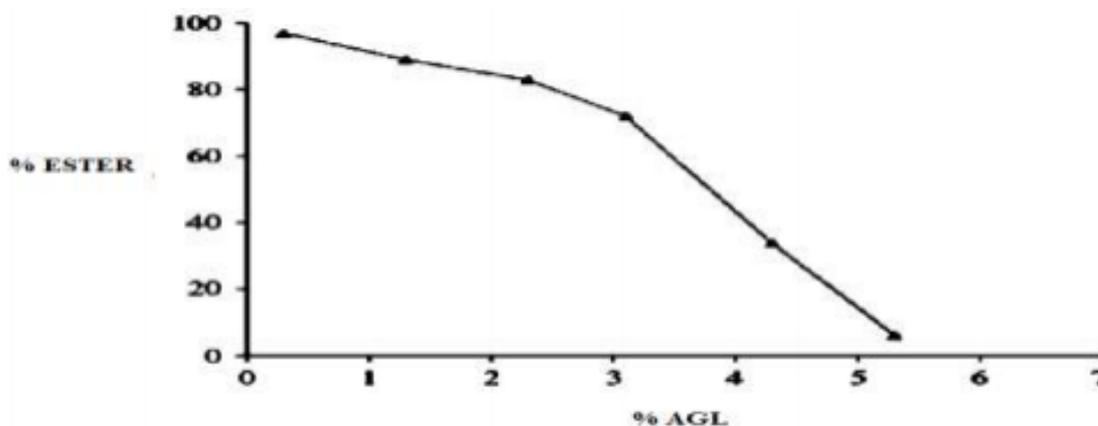
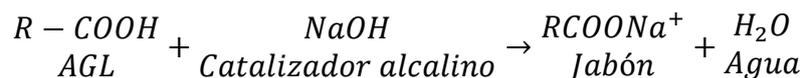


Figura 6. Efecto de los AGL en transesterificación básica.

Fuente: (Alfonso, 2013).



Reacción 2. Reacción básica en presencia de AGL.

5.1.4 Concentración y tipo de catalizador básico.

Se emplean catalizadores en la reacción de transesterificación con el propósito de aumentar su conversión, algunos de los catalizadores más empleados son de tipo ácidos, bases y algunas

enzimas que se categorizan como catalizadores homogéneos y heterogéneos. En la catálisis básica homogénea para la producción de biodiésel, generalmente se utilizan NaOH y KOH, la catálisis básica es la más utilizada a nivel industrial por su facilidad en operar a temperaturas y presiones no tan elevadas, a altas velocidades de reacción y poco requerimiento de alcohol, también se destaca por su alta conversión, rapidez y menor índice de corrosión en los equipos utilizados en comparación con la catálisis ácida a iguales condiciones de operación (Castillo, 2018). Sin embargo, se debe tener mucho cuidado con los catalizadores básicos empleados, ya que su tipo y exceso conllevan a la disminución en el rendimiento de la reacción (L. Torres et al., 2017).

El hidróxido de sodio (NaOH) es el más utilizado en la transesterificación debido a su alta velocidad de reacción, economía y baja probabilidad de formación de jabón a pequeñas concentraciones de catalizador en comparación con el hidróxido de potasio (KOH) en condiciones de operación: temperatura de 60°C, tiempo de reacción de 2 horas y relación molar (alcohol:aceite) 12:1, para un mayor rendimiento de 98% en la reacción (López et al., 2015).

Tabla 4. Influencia de la composición y tipo de catalizador en la reacción de transesterificación básica empleando aceite de cocina usado.

Tipo de catalizador	% w/w de catalizador	Relación molar (alcohol:aceite)	Rendimiento %
NaOH	1	12:1	98
KOH	1	12:1	88
NaOH	2	12:1	58
KOH	2	12:1	80

Fuente: (López et al., 2015).

5.1.5 Tiempo y temperatura de reacción.

El porcentaje de conversión del aceite a biodiésel aumenta con el tiempo y así en el rendimiento de la reacción, sin embargo esta variable tiene mucha relación con el tipo y concentración del catalizador empleado y tipo de aceite utilizado, ya que influyen en el tiempo en que la reacción logre completarse (L. Torres et al., 2017). Actualmente no hay un reporte de tiempo óptimo de reacción, de forma general el tiempo de reacción en la transesterificación completa varía entre 50 y 120 minutos (Castillo, 2018). En el caso de la temperatura, también aumenta la velocidad

y conversión del aceite a biodiésel, pero se sugiere manejar temperaturas por debajo del punto de ebullición del alcohol con el fin de evitar su evaporación (Pereira, 2014).

En la investigación “Diseño y construcción de un reactor batch para la producción de biodiésel como combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales variando la relación molar aceite/alcohol” de la Universidad de Pamplona, donde se emplearon dos ensayos con las mismas condiciones de operación para concentración y tipo de catalizador de 0,5%, de los cuales se evidencia la influencia del cambio en la variable (temperatura), siendo la de mayor rendimiento (60°C) con respecto a la de (50°C). Sin embargo, en la investigación “Obtención de biodiésel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio”, es notable el cambio de los rendimientos con respecto al tiempo teniendo en cuenta la afectación del tipo de catalizador a pesar de contener las mismas composiciones de 1%. En ambas investigaciones se puede observar la influencia de los diferentes parámetros de operación y el tipo de aceite empleado en el rendimiento de la reacción de transesterificación.

Tabla 5. Influencia de la temperatura, relación molar (aceite:metanol) y tipo de catalizador en la reacción de transesterificación.

Tipo de catalizador	Relación molar (aceite:metanol)	Temperatura °C	% Rendimiento	Autor
NaOH	1:7	50	81,3	(Argumedo, 2019)
NaOH	1:7	60	85	
NaOH	1:6	30	85,6	(Alfonso, 2013)
KOH	1:6	30	82,73	
NaOH	1:6	40	86,56	
KOH	1:6	40	83,37	
NaOH	1:6	50	87,2	
KOH	1:6	50	90,07	
NaOH	1:6	60	87,84	
KOH	1:6	60	91,35	

5.2 Parámetros de calidad del biodiésel.

A continuación, se analizarán algunos de los parámetros influyentes en la calidad final del biodiésel de acuerdo a las normas Internacionales ASTM y EN:

5.2.1 Contenido de agua.

Anteriormente se indicó que la materia prima debe llevar el menor contenido de agua posible debido a su consecuencia, como la formación de jabón en la saponificación, pero en general acelera otros factores primordiales como la corrosión en las partes del motor, formación de ácidos grasos a partir de ésteres y/o ruptura hidrolítica de enlaces dobles en ésteres insaturados (Knothe, 2010). Este contenido de agua en el biodiésel está limitado a 500 mg/kg en la ASTM y en la EN. De acuerdo a la tabla 6, el biodiésel presenta esta gran desventaja con respecto al diésel convencional por características higroscópicas provenientes de los alcoholes (Arias et al., 2011).

5.2.2 Índice de acidez.

El método de titulación KOH con fenolftaleína y titulación potenciométrica con KOH en las normas EN 14104 y ASTM D664 respectivamente, limitan los ácidos grasos libres contenidos en cualquier materia prima que se destina a la reacción de transesterificación.

El índice de acidez se refiere a la cantidad de base expresada en miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra, requerida para neutralizar la muestra (Alfonso, 2013).

5.2.3 Número de cetano.

El índice o número de cetano es un determinante de la calidad de ignición de un combustible al momento de inyectarlo en la cámara de combustión de un motor diésel y se relaciona con el tiempo de retardo de la ignición que experimenta un combustible al momento de la inyección, un número alto de cetano refiere una combustión de calidad de ignición rápida y menos tiempo de retardo (Knothe, 2010). El número de cetano tiene una limitación mínima de 47 y 51 en la ASTM D613 y EN ISO 5165, respectivamente. De acuerdo a la tabla 6, el número de cetano en el biodiésel oscila entre 46 y 56, pero generalmente está en un estimado de 48 y 60 nc, mientras que para diésel un aproximado de 46 nc; esto indica que el biodiésel presenta una mayor habilidad de autoencendido, esta ventaja representa menores costos en cuanto a elevaciones de calidad de ignición del combustible, ya que, dependiendo de la materia prima empleada, el índice puede incrementarse hasta 60 nc, mientras que para el mayor reporte de diésel en nc alcanza los 46 (Santana Coronel, 2019).

El monóxido de carbono (CO) es un tipo de gas tóxico que se forma a partir de la combustión incompleta de los hidrocarburos, producto de la insuficiente cantidad de oxígeno en el motor, es decir que hay una relación aire-combustión baja para la formación de CO a CO₂ (Ramadhas et al., 2016). El Biodiésel es un combustible oxigenado que proporciona una combustión más completa en comparación con el diésel convencional, por lo que mejora las composiciones de las emisiones y en relación ayuda al incremento del número de cetano (Llanes Cedeños et al., 2017).

5.2.4 Contenido de azufre.

El contenido de azufre tiene gran relevancia en el sistema de control de emisiones y en los límites medioambientales, conlleva generación de depósitos y cooperación en el desgaste del motor (Mafla Yopez et al., 2018). Se determina en las normas EN ISO 20846, ISO 20884 y ASTM D5453. De acuerdo a la tabla 6, el contenido de azufre en los biocombustibles se reduce significativamente en comparación con el diésel convencional contribuyendo con la vida útil del motor y reducción de impacto medioambiental.

5.2.5 Glicerina libre.

La glicerina libre se determina en la norma ASTM D 6584. La presencia de glicerol en el biodiésel afecta al motor debido a que causa depósito de carbón en el motor como causa de una combustión incompleta, por tanto su determinación es de vital importancia (Alfonso, 2013).

5.2.6 Punto de inflamación.

El punto de inflamación se determina en la norma ASTM D93 y en EN ISO 3679 bajo limitaciones de mínimo 93 y 101 °C respectivamente. Hace referencia a la temperatura más baja corregida a una presión barométrica de 1 atm; al aplicar una fuente de ignición a la muestra se producen vapores que se inflaman sobre la muestra (Alfonso, 2013). Además, permite conocer si existe una cantidad excesiva de alcohol no reaccionado en el proceso de obtención del biodiésel, ya que un elevado porcentaje de metanol hace al biocombustible inflamable y peligroso al mantenerse almacenado (Arias et al., 2011; Mafla Yopez et al., 2018). El biodiésel

presenta ventajas frente al diésel debido a que su temperatura de inflamación es más alta, lo cual lo convierte en una fuente segura de manipulación por reducción de peligro de incendio (Y. Torres et al., 2017). De acuerdo a la tabla 6, evidencia lo anteriormente mencionado frente a diésel convencional, el cual presenta un promedio de 52 °C frente a un intervalo mayor de biodiésel de diferentes materias primas en un rango de 78 a 178 °C, siendo ventajoso para posibles empleos en motores con mayores tasas de compresión (Mafla Yopez et al., 2018). En comparación con los tres tipos de aceite para la obtención de biodiésel, la materia prima de aceite residual presenta el menor punto de inflamación; una posible causa está relacionada con un alto porcentaje de metanol residual después de proceso de reacción, conllevando a la materia prima a una fuente insegura de almacenamiento y problemática de su uso en el motor. El caso contrario ocurre con el aceite de fuente vegetal sin usar, de acuerdo a la investigación, el porcentaje de metanol residual estuvo complemente por debajo del nivel máximo de la norma.

5.2.7 Punto de turbidez.

El punto de turbidez se puede determinar mediante la norma ASTM bajo el método de prueba D2500. Es la primera temperatura a la que se forman cristales en el enfriamiento de un combustible, por lo tanto, esta propiedad se ve afectada de acuerdo las condiciones climáticas y/o ubicaciones geográficas donde se presente un flujo frío. En la norma EN 14214 se establece un método de prueba conocido como punto de obstrucción de filtro frío (cold-filter plugging point - cfpp) y los límites varían dependiendo de la ubicación geográfica y la época del año, el cfpp no se da en la tabla de especificaciones en EN 14214, sino que se discute separadamente (Knothe, 2010).

5.2.8 Viscosidad cinemática y densidad.

La viscosidad cinemática óptima proporciona un bombeado correcto en el sistema de inyección y genera las características adecuadas de lubricidad (Mafla Yopez et al., 2018). Se determina en la norma ASTM D-445 y EN ISO 3104. La densidad puede ser determinada mediante las normas ASTM D 4052, D 1298, EN ISO 3675 y EN ISO 12185 en rangos específicos como se muestra en la tabla 6. Este parámetro es de gran interés en el rendimiento del motor debido si se emplean valores no especificados, podría ocasionar retraso en la inyección y así generar problemas de combustión. De acuerdo a la tabla 6, el biodiésel proveniente de distintas fuentes,

indica valores altos de densidad y viscosidad con respecto al diésel convencional, lo cual conlleva a problemas de combustión por la fluidez, especialmente en climas fríos requiriendo como la solución, un sistema de inyección relativamente más potente y/o anticongelantes especiales, pero se debe tener en cuenta que los valores obtenidos se encuentran en los rangos establecidos y uno ligeramente alto, aunque con estas condiciones se sugiere no utilizarlo en su alta pureza B100 (Arias et al., 2011; Barros Piñeiro, 2015).

Tabla 6. Propiedades físicas y químicas del diésel y biodiésel.

AUTOR		(Arias et al., 2011)		(Montenegro Mier et al., 2012)	(Medina Villadiego et al., 2015)
Propiedad	Requerimiento	Diésel	Biodiésel a partir de aceite de Girasol	Biodiésel a partir de aceite de pollo	Biodiésel a partir de aceites residuales
Densidad 15 °C (Kg/m ³)	860 – 900 EN (ISO 3675 ISO 12185)	850	884	858,9	910,9
Viscosidad a 40 °C (mm ² /s)	1,9 – 6,00 ASTM (D445)	2,36	5,03	4,71	20,65
Número de cetano	47 mínimo ASTM (D613)	43	45.55	55,93	-
Contenido de agua (% volumen)	0,05 NTC DE 100/04	0,005	0,1992	-	-
Punto de inflamación (°C)	101 mínimo ASTM (D93)	52	178,67	164	78,7
Azufre % masa	0,05 (ppm) ASTM D5453	0,2	-	-	0,03

5.3 Discusión general de las variables de operación determinantes en la reacción de transesterificación básica

De acuerdo a las revisiones investigativas, se debe tener en cuenta la influencia de la relación molar (alcohol:aceite), tipo de alcohol, concentración y tipo de catalizador, tiempo y temperatura de reacción, como parámetros importantes en la reacción de transesterificación.

- La utilización del exceso de alcohol en la reacción de transesterificación favorece la conversión de los reactivos hacia producto; sin embargo, se deben estudiar sus limitaciones, ya que la alta presencia infliere en los procesos de separación de fase de producto, costos de operación en su recuperación y en la generación de productos altamente inflamables. Se debe tener en cuenta el nivel de pureza del alcohol empleado debido a la procedencia del azeótropo, por lo que sugiere eliminar en lo posible el contenido de agua, ya que tiene serias implicaciones en las formaciones de productos indeseados.
- Las variables de operación de tiempo y temperatura, guardan relación de proporcionalidad en el rendimiento de la reacción, teniendo en cuenta el estudio de sus limitaciones hasta el favorecimiento de la formación completa de metil ésteres y el

evitar el consumo del alcohol por evaporación. En cuanto al tipo de catalizador, el NaOH presenta ventajas con respecto al KOH en la variable de la composición, ya que en pequeñas cantidades presenta mayores rendimientos de biodiésel.

5.4 Discusión general de los parámetros fisicoquímicos determinantes en la elección del aceite de fritura

Los parámetros fisicoquímicos que componen el aceite de fritura a emplear, requieren de mayor atención, ya que estas propiedades no son constantes en la calidad final del aceite, por lo que se modifican bajo influencia de los efectos de aumento en temperatura y tiempo de reutilización en los procesos de cocción. En general estos efectos conllevan a la alteración del rendimiento de la reacción de transesterificación alcalina, debido a la sensibilidad que presenta a la pureza de los reactivos. En relación al aumento de temperatura y tiempo de exposición, los AGL en los aceites de fritura, suelen ser los más alterados durante el proceso de cocción, por lo que se sugiere una caracterización rigurosa del parámetro, de acuerdo a la investigación realizada, se deben manejar límites entre 0,5% a 3% de AGL para finalmente poder ser empleado en la ruta de reacción de transesterificación básica y no conlleva a la formación de productos indeseados como jabón y agua que inciden en las características finales del biodiésel.

5.5 Discusión general de los parámetros de calidad del biodiésel basado en las normas ASTM D6751 y EN 14214

Los parámetros de calidad del biodiesel en comparación con el diésel convencional, presenta grandes ventajas en las propiedades fisicoquímicas, debido al aumento de punto de inflamación, lo cual lo convierte en un combustible más seguro de transportar y almacenar, aumento en el número de cetano (mayor calidad de ignición), debido al contenido de oxígeno en sus estructuras que conlleva a una combustión completa, presenta un contenido de azufre bajo, lo cual favorece el motor y en efecto al mejoramiento del impacto medio ambiental. Pero desventajas en cuanto al aumento de la viscosidad, densidad y glicerina libre, parámetros que conllevan a una mala combustión, depósitos de carbón y fluidez en motor, sobre todo en condiciones de clima frío; sin embargo, de acuerdo a las investigaciones realizadas, algunos de estas propiedades se encuentran ligeramente por encima de la norma, lo que podría conlleva a afectaciones muy bajas en el motor de combustión.

6. CONCLUSIONES

- Las normativas internacionales ASTM D6751 y EN 14214, permitieron identificar los parámetros relevantes del biodiésel y los métodos de pruebas para su obtención. De esta manera, dispuso de las especificaciones correctas para la calidad final de su uso en el motor de combustión.
- Los estudios de las revisiones bibliográficas permitieron identificar y analizar la influencia de los parámetros fisicoquímicos en los aceites de fritura, que tuvieron gran importancia en el proceso elección y empleo de la materia prima en la reacción de transesterificación alcalina, debido a que estos aceites tienden a aumentar las propiedades de AGL e índice de humedad.
- Los estudios de las revisiones bibliográficas permitieron identificar y analizar el efecto del cambio de las variables de operación en la transesterificación alcalina, que influyeron significativamente en el rendimiento de la reacción, tanto el aumento de temperatura, tiempo y exceso de alcohol, favorecieron la reacción hasta ciertas limitaciones, ya que su constante crecimiento puede contribuir a la baja formación de metil ésteres.
- La producción de biodiésel a partir de aceites usados frituras, es una alternativa de combustión renovable que no infliere en el conflicto de los recursos destinados a la alimentación ni utilización de tierras para la producción de biocombustible, además promueve las buenas prácticas de reciclaje de contaminantes medioambientales.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Uno de los principales procesos antes de la caracterización de la materia prima, es la ruta de pretratamiento utilizado, debido a la importancia del nivel de purificación que se logra en esta fase, cada proceso varía dependiendo del nivel de impureza contenido en el aceite, por tanto, se recomienda un estudio detallado de las técnicas implementadas en los procesos de pretratamiento de las materias primas destinadas a la obtención del biocombustible.

Para trabajos futuros se debe profundizar acerca del estudio de las variaciones de los AGL y establecer nuevas rutas de reacción, teniendo en cuenta la condición de incremento del índice de acidez como una fuente de no limitación. Estudiar y analizar la influencia del uso de otros tipos de catalizadores homogéneos y heterogéneos (ácidos y básicos) y demás variables de operación, con la finalidad de optimizar el rendimiento de la calidad del biodiésel.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abularach, E., & Amurrio, D. (2010). Obtención de biodiesel a partir de aceite desechado de frituras. *Acta Nova*, 4, 514–534.
- Ahumada, M. Y. (2015). *Energías renovables alternativas: Futuro sostenible para Colombia*. Fedepalma.
- Alfonso, J. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio (Tesis de maestría)*. Centro de Investigación en Materiales Avanzados.
- Argumedo, A. (2019). *Diseño y construcción de un reactor batch para la producción de biodiesel como combustible de origen orgánico producido a partir de aceites vegetales variando la relación molar aceite / alcohol (Tesis de pregrado)*. Universidad de Pamplona.
- Arias, D. E., Teuta, C. A., & Parra, J. (2011). Caracterización de las propiedades del biodiesel de girasol bajo la Norma NTC de 100 / 04 y medición de poder calorífico. *Avances Investigación En Ingeniería.*, 8(2), 73–80.
- ASTM E11-20. (2020). *ASTM E11 - 20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves*. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/E11>
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Anjum, I., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070–2093.
- Barriga, E. (2011). *Diseño de un módulo de transesterificación para un proceso de producción de biodiésel a partir de aceites domésticos usados (Tesis de Pregrado)*. Pontificia universidad católica del Perú.
- Barros Piñeiro, X. (2015). *Obtención de biodiesel a partir de aceite de cocina usado de la ENM (Tesis de pregrado)*. Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar.
- Bhuiya, M. M. K., Rasul, M. G., Khan, M. M. K., Ashwath, N., Azad, A. K., & Hazrat, M. A. (2014). Second generation biodiesel: Potential alternative to-edible oil-derived biodiesel. *Energy Procedia*, 61, 1969–1972.
- Biogras S.A.S. (2017). Recuperado de <https://biogras.com.co/>
- Cabreriso, M. S., Chaín, P. N., Gatti, M. B., & Ciappini, M. C. (2016). Modificaciones químicas y sensoriales producidas en aceites de girasol y de oliva virgen extra según relevamiento de procedimientos de fritura doméstica en adultos de la ciudad de Rosario. *Diaeta*, 35(158), 08–15.

- Castillo, K. (2018). *Caracterización teórica de parámetros del biodiesel y estudio de algunas de sus emisiones (Tesis de pregrado)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ciappini, M., Gatti, M., Cabreriso, M., & Chaín, P. (2016). Modificaciones fisicoquímicas y sensoriales producidas durante las frituras domésticas sobre aceite de girasol refinado y aceite de oliva virgen extra. *Invenio*, 19(37), 153–161.
- ColombiaCo. (n.d.). *Colombia: País Megadiverso | Marca País Colombia*. Retrieved November 20, 2020, from <https://www.colombia.co/pais-colombia/hechos/colombia-hace-parte-de-los-17-paises-megadiversos-del-mundo/>
- Decreto 2629. (2007, June 10). Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=25667
- Ecogras Colombia. (2011). Recuperado de <https://ecograscolombia.com/inicio>
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. (2020a). Recuperado de <https://www.fedebiocombustibles.com/estadistica-produccion-titulo-Biodiesel.htm>
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. (2020b, January). Recuperado de http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-mostrar_info-titulo-Biodiesel.htm
- Gómez, E. A., Ríos, L. A., & Peña, J. D. (2013). Efecto del Pretratamiento de Biomasa Maderera en el Rendimiento a Etanol. *Informacion Tecnologica*, 24(5), 113–122.
- Gonz, R. Q., Estefan, L., & Gonz, Q. (2015). Energía mareomotriz potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente*, 18(2), 121–134.
- Gualteros, M., & Hurtado, E. (2013). Revisión de las regulaciones e incentivos para el uso de las energías renovables en Colombia. *Juridicas*, 10, 209–224.
- Herrán, Ó. F., Patiño, G. A., & Del Castillo, S. E. (2016). La transición alimentaria y el exceso de peso en adultos evaluados con base en la encuesta de la situación nutricional en Colombia, 2010. *Biomedica*, 36(1), 109–120.
- Huang, G., Chen, F., Wei, D., Zhang, X., & Chen, G. (2010). Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy*, 87(1), 38–46.
- Indexmundi. (2020). *Palm Oil Production by Country in 1000 MT - Country Rankings*. <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&>
- International Energy Agency. (2020). *Total primary energy supply by fuel, 1971 and 2017 – Charts – Data & Statistics - IEA*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-primary-energy-supply-by-fuel-1971-and-2018>
- Knothe, G. (2010). Biodiesel fuel quality and the ASTM standard. *Palmas*, 31, 162–171.
- Ley 393. (2004, December 31).

https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemico/pdf/Normativa/Leyes_/ley_0939_311204.pdf

- Llanes Cedeños, E. A., Rocha Hoyos, J., Salazar Alvear, P., & Medrano Barboza, J. (2017). Producción e Impacto del Biodiesel: Una Revisión. *Innova Research Journal*, 2(7), 59–76.
- Lombana, J., Vega, J., Britton, E., & Herrera, S. (2015). *Análisis del sector biodiésel en Colombia y su cadena de suministro*, Barranquilla Colombia: Universidad del Norte, Editorial.
- López, L., Bocanegra, J., Malagón, D., & López, L. (2015). *Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado*. 19(1), 155–172.
- Mafla Yepez, C. N., Benavides Cevallos, I. B., Hernández Rueda, E. P., & Ramirez Paredes, F. R. (2018). Caracterización y Análisis Comparativo de Biodiésel a Base de Higuera B10, Respecto de Diésel Comercial de Alta Calidad. *Innova Research Journal*, 3(7), 53–60.
- Martínez Peláez, G. (2013). *Panorama de la agroindustria palmera- retos y oportunidades Contenido*, Bogotá, Colombia: Fedepalma, Ape y Universidad de la Sabana.
- Medina, L., Chávez, N., & Jáuregui, J. (2012). Biodiesel , un combustible renovable. *Investigación y Ciencia*, 20(55), 62–70.
- Medina Villadiego, M., Ospino Roa, Y., & Tejeda Benítez, L. (2015). Esterificación Y Transesterificación De Aceites Residuales Para Obtener Biodiesel. *Luna Azul*, 40, 25.34.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018, marzo 13). *Ministerio de Ambiente reglamenta disposición de aceites de cocina usados en el país*, Bogotá, D. C., Colombia. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/3673-ministerio-de-ambiente-reglamenta-disposicion-de-aceites-de-cocina-usados-en-el-pais>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018, marzo 1), *Resolución 0316*, Bogotá, D. C., Colombia. Recuperado de <http://www.andi.com.co/Uploads/Resolución 316 de 2018-.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía (2010, Junio 1), *Resolución 180919*, Bogotá, D. C., Colombia. Recuperado de <https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/919.pdf>
- Mohr, A., & Raman, S. (2013). Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. *Efficiency and Sustainability in Biofuel Production: Environmental and Land-Use Research*, 63, 281–310.

- Montenegro Mier, M. A., Sierra Vargas, F. E., & Guerrero Fajardo, C. A. (2012). Producción y caracterización de biodiésel a partir de aceite de pollo Production and characterization of biodiesel from chicken fat. *Informador Técnico*, 62-71.
- Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K., & Dalai, A. K. (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 578–597.
- Pereira, E. (2014). *Diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ramos, F. D., Villar, M. A., & Díaz, M. S. (2016). ¿De qué se trata? ¿Qué son los biocombustibles y qué lugar ocupan en el panorama energético argentino y mundial? *Universidad Nacional Del Sur-Conicet*, 25, 69–73.
- Ramadhass, A., Singh, P., Sakthivel, P., Mathai, R. et al (2016). Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Combustion and Emissions of a Passenger Car Engine at Part Load Operations. *SAE Technical Paper*, doi:10.4271/2016-28-0152.
- Romero, A. (2010). Aprovechamiento De La Biomasa Como Fuente De Energía Alternativa a Los Combustibles Fósiles. *Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 104(2), 331–345.
- Santana, V. (2019). *Obtención de biodiésel a partir de aceite vegetal usado en frituras de alimentos utilizando contracciones de lejía (Tesis de pregrado)*. Universidad técnica estatal de quevedo.
- Torres, L., Ben, C., Alcocer, B., & De la rosa, D. (2017). *Efecto de la temperatura y del tiempo de reacción sobre la esterificación y la transesterificación de aceites comestibles usados*. 4(13), 19–35.
- Torres, Y., Gandón, J., & García, M. (2017). Caracterización de un biocombustible obtenido a partir de aceite vegetal de desecho. *Tecnología Química*, XXXVII(2), 278–292.
- Upme. (2015). *Documento Ejecutivo Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia*, Bogotá, Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética.

9. ANEXOS

Anexo 1. Resolución 0316.....	52
Anexo 2. Resolución 180919.....	60
Anexo 3. Decreto 2629 de 2007	62
Anexo 4. Ley 939 de 2004.....	65

REPÚBLICA DE COLOMBIA



Libertad y Orden

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLERESOLUCIÓN No. **0316**

(1 MAR 20)8

"Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones"**EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

En ejercicio de sus facultades legales, y en desarrollo de lo dispuesto en el artículo 38 del Decreto - Ley 2811 de 1974 y los numerales 2, 10, 11 y 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, y

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de Colombia, en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger, prevenir, controlar y planificar la diversidad, integridad y aprovechamiento de los recursos naturales, con el fin de conservarlos, para garantizar no solo el desarrollo sostenible, sino el derecho que todas las personas tienen a gozar de un ambiente sano.

Que de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 8 del Decreto - Ley 2811 de 1974, se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otros, la contaminación del aire, de las aguas, del suelo y de los demás recursos naturales renovables.

Que el Decreto 2811 de 1974 establece en su artículo 38 reglas especiales para determinados residuos en consideración a su calidad o volumen.

Que entre las afectaciones generadas por la inadecuada gestión de los aceites de cocina usados - ACU, se encuentran la contaminación al agua, al suelo y afectaciones a la salud.

Que se requiere adoptar disposiciones dirigidas al fortalecimiento de la gestión de los residuos de aceites de cocina usados - ACU en el marco de la economía circular.

Que en mérito de lo expuesto,

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

RESUELVE:

CAPITULO I

Objeto, alcance y definiciones

Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación. El presente acto administrativo establece las disposiciones para la adecuada gestión de los Aceites de Cocina Usados – ACU y aplica a los productores, distribuidores y comercializadores de aceites vegetales comestibles, generadores (industriales, comerciales y servicios) y gestores de ACU.

Artículo 2. Definiciones. Para efectos de la aplicación de la presente resolución, se establecen las siguientes definiciones:

Aceite de Cocina Usado - ACU: Producto de origen vegetal constituido básicamente por glicéridos de ácidos grasos principalmente triglicéridos, cuyas características físico químicas han sido modificadas al ser sometido a cocción de alimentos en los ámbitos doméstico, industrial, comercial y de servicios.

Aceite Vegetal Comestible - AVC: Producto alimenticio principalmente constituido por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente por fuentes vegetales, que podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos tales como fosfátidos de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en el aceite.

Almacenamiento: Ubicación temporal del aceite de cocina usado en recipientes, depósitos y/o contenedores para su recolección con fines de aprovechamiento.

Aprovechamiento: Proceso de transformación que permite emplear el ACU dentro de la cadena productiva, que cumpla con las normas y especificaciones técnicas y ambientales aplicables.

Distribuidor y Comercializador de AVC: Persona natural o jurídica que realiza la actividad de distribuir o comercializar aceite vegetal comestible.

Generador domiciliario de ACU: Toda persona que genera ACU en los hogares.

Generador industrial, comercial y servicios de ACU: Toda persona que genere ACU dentro de sus actividades industriales, comerciales y de servicios.

Gestor de ACU: Es la persona que realiza actividades de recolección, tratamiento y/o aprovechamiento de ACU dentro del marco de la gestión y cumpliendo con los requerimientos de la normatividad vigente.

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

Productor de Aceite Vegetal Comestible-AVC: Toda persona natural o jurídica que con independencia de la técnica de venta utilizada, fabrique aceite vegetal comestible que sea puesto en el mercado nacional, ponga en el mercado aceite vegetal comestible fabricado por terceros o importe aceite vegetal comestible para poner en el mercado nacional.

Puntos limpios: Son los sitios acondicionados y establecidos por el gestor para ofrecer a los generadores domiciliarios la posibilidad de devolver el ACU para su posterior aprovechamiento.

CAPITULO II

Inscripción de ACU

Artículo 3. Inscripción ACU. Toda persona industrial, comercial y de servicios que genere ACU y toda persona que sea gestor de ACU en el marco de lo establecido en la presente Resolución, deberán inscribirse ante la Autoridad Ambiental competente en el área donde se realizará la actividad de generación, recolección, tratamiento y/o aprovechamiento de ACU.

Artículo 4. Objetivos del proceso de Inscripción de ACU. El proceso de inscripción deberá atender al cumplimiento de los siguientes objetivos:

- a) Permitir la consolidación de información reportada por cada uno de los inscritos, a saber: generadores industriales, comerciales, de servicios y gestores de ACU.
- b) Facilitar el reporte de información para el seguimiento de las actividades que desarrollan generadores industriales, comerciales, de servicios y gestores de ACU.
- c) Servir de base para que la Autoridad Ambiental competente ejerza el control y verificación del cumplimiento de las obligaciones estipuladas en la presente resolución para los generadores industriales, comerciales, de servicios y gestores de ACU.

Artículo 5. Contenido de la inscripción. La inscripción debe contener como mínimo la siguiente información:

Requisitos de la inscripción para el generador industrial, comercial y de servicios:

- a) Nombre o razón social.
- b) Número de identificación o NIT.
- c) Representante legal.

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

- d) Número telefónico de contacto.
- e) Dirección del sitio donde genera ACU.
- f) Municipio o distrito, departamento.
- g) Tipo de negocio (Actividad ejecutada).
- h) Cantidad generada promedio en kg/mes.

Requisitos de la inscripción para el Gestor

- a) Nombre o razón social.
- b) Número de identificación o NIT.
- c) Representante legal.
- d) Número telefónico de contacto.
- e) Dirección oficina principal.
- f) Actividad ejecutada (recolección, tratamiento y/o tipo de aprovechamiento realizado con el ACU).
- g) Dirección de la planta de aprovechamiento.
- h) Municipio o distrito, departamento.
- i) Capacidad de recolección de ACU en Kg/ mes del gestor.
- j) Capacidad de almacenamiento de ACU en kg/ mes del gestor.
- k) Capacidad de tratamiento y/o aprovechamiento de ACU en kg/ mes del gestor.
- l) Descripción de actividad y proceso ejecutado (tipo de aprovechamiento realizado con el ACU).
- m) Número y fecha de los actos administrativos que otorgan los permisos y autorizaciones ambientales que amparan el desarrollo de la actividad.

CAPITULO III

Obligaciones

Artículo 6. Obligaciones del Productor de AVC. Son obligaciones de los productores de AVC, las siguientes:

- a) Realizar estrategias de comunicación y educación dirigidos a los generadores industriales, comerciales y de servicios de ACU, con el fin de promover que se entregue el ACU a los gestores de ACU inscritos ante la autoridad ambiental competente.
- b) Brindar a los generadores domiciliarios de ACU información sobre la importancia de hacer un manejo adecuado de los ACU y entregarlos en los puntos limpios establecidos por los gestores de ACU.

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

Artículo 7. Obligaciones del Distribuidor y Comercializador de AVC. Los distribuidores o comercializadores de AVC, deberán apoyar a los productores de AVC en el desarrollo de estrategias de comunicación y educación, en materia de manejo adecuado de ACU.

Artículo 8. Obligaciones del Generador domiciliario de ACU. Son obligaciones del generador domiciliario de ACU, las siguientes:

- a) Seguir las recomendaciones de manejo adecuado suministradas por los productores, distribuidores y comercializadores de AVC y gestores de ACU.
- b) Recolectar el aceite de cocina usado en un envase plástico debidamente sellado para su posterior entrega en puntos limpios establecidos por los gestores de ACU.

Artículo 9. Obligaciones del Generador industrial, comercial y de servicios de ACU. Son obligaciones del generador industrial, comercial y de servicios de ACU, las siguientes:

- a) Inscribirse ante la autoridad ambiental competente, según lo establecido en el artículo 5 de la presente Resolución.
- b) Entregar el ACU a gestores de ACU inscritos ante la autoridad ambiental competente.
- c) Capacitar al personal encargado de la gestión del ACU en sus instalaciones, con el fin de divulgar el riesgo que estos residuos representan para el ambiente.
- d) Reportar anualmente ante la autoridad ambiental competente, dentro de los primeros quince (15) días del mes de enero de cada año, información sobre los kilogramos totales de ACU generados durante el periodo correspondiente y copia de las constancias expedidas por el gestor de ACU.

Artículo 10. Obligaciones del Gestor de ACU. Son obligaciones del gestor de ACU, las siguientes:

- a) Inscribirse ante las autoridades ambientales competentes en las áreas donde desarrolla sus actividades, según lo establecido en el artículo 5 de la presente Resolución.
- b) Reportar anualmente ante la autoridad ambiental competente, dentro de los primeros quince (15) días del mes de enero de cada año, la siguiente información:
 - Nombre o razón social.
 - Número de identificación o NIT.

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

- Representante legal.
- Actividad realizada por el gestor.
- Listado de los generadores industriales, comerciales y de servicios de ACU a los que se les recoge ACU, con indicación de los kilogramos totales.
- Kilogramos totales de ACU: recolectados, tratados y/o aprovechados durante el periodo correspondiente.

c) Expedir constancia al generador industrial, comercial y de servicios de ACU, que incluya la siguiente información:

DATOS BÁSICOS DEL GESTOR DE ACU	
Nombre o razón social	
Número de identificación o NIT	
Representante legal	
Número telefónico de contacto	
Dirección	
Actividad ejecutada por el gestor de ACU (recolección, tratamiento y/o aprovechamiento).	
Anexar copia de la constancia expedida por la autoridad ambiental competente, para garantizar la inscripción.	
DATOS BÁSICOS DEL GENERADOR INDUSTRIAL, COMERCIAL Y DE SERVICIOS DE ACU	
Nombre del Generador	
Número de identificación	
Tipo de negocio (Actividad ejecutada)	
Número telefónico de contacto	
Dirección donde se generan el ACU	
Fecha de recepción del ACU	
ACU recibidos (Kg)	

- d) El ACU debe permanecer debidamente contenido y etiquetado durante el almacenamiento de tal manera que se eviten derrames o vertimientos.
- e) Establecer puntos limpios para que los generadores domiciliarios de ACU dispongan el residuo.
- f) Cumplir con la normatividad ambiental y sanitaria que le sea aplicable.
- g) Contar con plan de contingencia para el manejo de los ACU.

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

Artículo 11. Obligaciones de los municipios. Las autoridades municipales en el ámbito de sus competencias, deberán:

- a) Promover campañas de educación, cultura y sensibilización sobre el buen manejo de los aceites de cocina usados por parte de los generadores de ACU.
- b) Facilitar alianzas con los gestores de ACU para mejorar la recolección y el manejo del mismo.

Artículo 12. Obligaciones de la autoridad ambiental competente. Son obligaciones de la autoridad ambiental competente, las siguientes:

- a) Implementar dentro de los cuatro (4) meses, contados a partir de la fecha de publicación de la presente resolución, el mecanismo para realizar la inscripción de los generadores industriales, comerciales y de servicios de ACU y gestores de ACU, conforme a lo establecido en el artículo 5 de la presente resolución, el cual deberá ser público y de fácil acceso a todas las personas.
- b) Expedir constancia al gestor de ACU para garantizar que realizó el proceso de inscripción.
- c) Efectuar el seguimiento y control a las actividades realizadas por los generadores industriales, comerciales y de servicios de ACU y gestores de ACU.

Artículo 13. Otras obligaciones. Toda persona está obligada a:

- a) Abstenerse de verter aceite de cocina usado en fuentes hídricas, o en los sistemas de alcantarillado o al suelo.
- b) Evitar que el aceite de cocina usado almacenado se mezcle con otras sustancias o residuos peligrosos.

Artículo 14. Cobertura. A partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución los generadores industriales, comerciales y servicios de ACU y gestores de ACU, tendrán que cumplir con las obligaciones establecidas en la presente Resolución, en los siguientes plazos:

CATEGORÍA MUNICIPAL	CUMPLIMIENTO
Especial, 1 y 2	Cuatro (4) meses contados a partir de la fecha de publicación de esta Resolución.
3 y 4	1 de enero de 2020
5 y 6	1 de enero de 2025

“Por la cual se establecen disposiciones relacionadas con la gestión de los aceites de cocina usados y se dictan otras disposiciones”

CAPÍTULO IV

Disposiciones Finales

Artículo 15. Cumplimiento. El cumplimiento de esta Resolución no exonera de la obligación de contar con las licencias, permisos, concesiones o autorizaciones, en concordancia con las normas vigentes.

Artículo 16. Vigencia. La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dado en Bogotá, D.C., a los **01 MAR 2018**

LUIS GILBERTO MURILLO URRUTIA
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Proyectó: Zayrene Garcés Muñoz – DAASU

Revisó: Carlos Jairo Ramírez Rodríguez – DAASU

Mauricio Rueda / Luz Stella Rodríguez / Claudia Fernanda Carvajal – OAJ

Aprobó: Wiler Guevara Hurtado – Viceministro de Regulación y Normalización Ambiental

Fabián Hernán Gonzalo Torres Carrillo – Director DAASU

Jaime Asprilla Manyoma – Jefe Oficina Asesora Jurídica

República de Colombia



Libertad y Orden

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
RESOLUCION NUMERO 18-0919 DE
(11 JUN 2010)

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

EL MINISTRO DE MINAS Y ENERGIA

En ejercicio de sus facultades legales y reglamentarias, y en particular de lo previsto en la Ley 697 de 2001, en el Decreto Reglamentario 3683 de 2003 y en el decreto 2501 de 2007,

CONSIDERANDO

Que la Constitución Política de Colombia en su artículo 80, establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, dispone que deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que en su artículo 334, la Constitución prevé igualmente que la dirección general de la economía estará a cargo del Estado y éste intervendrá por mandato de la ley en la explotación de los recursos naturales.

Que la Ley 99 de 1993 en su artículo 5º, numerales 32 y 33, asigna al Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la función de promover la formulación de planes de reconversión industrial ligados a la implantación de tecnologías ambientalmente sanas, así como también promover, en coordinación con las entidades competentes y afines, la realización de programas de sustitución de los recursos naturales no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energías no contaminantes ni degradantes.

Que dando aplicación a las anteriores disposiciones, la Ley 697 de 2001 declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.

Que esta Ley, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, dispuso la promoción de la utilización de energías alternativas y se dictaron otras disposiciones, creando a su vez el Programa Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, estableciendo como entidad responsable de éste al Ministerio de Minas y Energía, quién deberá promover, organizar asegurar el desarrollo, así como el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía.

ehk

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Que el Gobierno Nacional y el Ministerio de Minas y Energía han actuado de conformidad con lo establecido en la citada Ley, a través de la promulgación de los Decretos Reglamentarios N°s 3683 de 2003 y 2501 de 2007, por medio de los cuales se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía y se definen algunos lineamientos generales del PROURE; así mismo y a través de la Resolución N° 180609 de 2006, definió los subprogramas que hacen parte del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE.

Que el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME y las entidades directamente relacionadas, por la responsabilidad que les otorga la ley o por su naturaleza o interés, han difundido y adelantado acciones, como también estudios pertinentes, buscando la mayor eficiencia energética en procura del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana y la protección al consumidor, así como la promoción de fuentes no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

Que de acuerdo con el Decreto N° 3683 de 2003 el Ministerio de Minas y Energía podrá contar con la participación de los distintos agentes, públicos y privados de cada una de las cadenas energéticas y orientará la promoción del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE.

Que según lo establecido en la ley 697 de 2001, se deben aplicar gradualmente subprogramas y acciones para que toda la cadena energética esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética, sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Que para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se hace necesario adoptar un plan de acción indicativo 2010-2015, teniendo presente el Documento Visión Colombia II Centenario: 2019 del Departamento de Planeación Nacional, el cual contempla como parte de los grandes retos del sector minas y energía, la promoción al uso eficiente de la canasta energética nacional.

Que dicho plan de acción contiene igualmente los objetivos, subprogramas y metas, que a partir de la fecha deben regir para el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE.

Que los subprogramas aquí contemplados, buscan actualizar y unificar criterios para la ejecución de programas y proyectos sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales en Colombia, para facilitar que quienes realicen proyectos puedan acceder a los incentivos nacionales e internacionales existentes en la materia.

21/6

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Que entre los incentivos nacionales a los cuales pueden optar ante el Ministerio de Ambiente vivienda y Desarrollo Territorial quienes realicen los proyectos, se encuentran los beneficios tributarios de carácter ambiental previstos en el Estatuto Tributario, en particular en los artículos 158-2, 207-2, 424-5 numeral 4º y 428 literales f) e i), junto con los decretos reglamentarios 3172 de 2003 y 2532 de 2001.

Que el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, ha sido discutido en el seno de la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía – CIURE.

Que en mérito de lo expuesto,

RESUELVE

Artículo 1º. Adoptar el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, el cual forma parte integral de la presente resolución.

Artículo 2º Definir como objetivo general del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del PROURE, promover el Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, que contribuya a asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el ambiente y los recursos naturales.

Artículo 3º Definir como objetivos específicos del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, los siguientes:

1. Consolidar una cultura para el manejo sostenible y eficiente de los recursos naturales a lo largo de la cadena energética.
2. Construir las condiciones económicas, técnicas, regulatorias y de información para impulsar un mercado de bienes y servicios energéticos eficientes en Colombia.
3. Fortalecer las instituciones e impulsar la iniciativa empresarial de carácter privado, mixto o de capital social para el desarrollo de subprogramas y proyectos que hacen parte del PROURE.
4. Facilitar la aplicación de las normas relacionadas con incentivos, incluyendo los tributarios, que permitan impulsar el desarrollo de subprogramas y proyectos que hacen parte del PROURE.

Artículo 4º Definir los siguientes Subprogramas estratégicos de carácter transversal del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE:

212

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

1. Fortalecimiento institucional
2. Educación y fortalecimiento de capacidades en Investigación, desarrollo tecnológico e innovación- I+D+i y gestión del conocimiento
3. Estrategia financiera e impulso al mercado
4. Protección al consumidor y derecho a la información
5. Gestión y seguimiento de metas e indicadores
6. Promoción del uso de Fuentes No Convencionales de Energía

Artículo 5°. Definir los siguientes Subprogramas prioritarios en los sectores de consumo del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE:

A. En el sector residencial:

1. Sustitución de bombillas incandescentes
2. Uso eficiente de energía en equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos
3. Hornillas eficientes
4. Diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de viviendas
5. Gas Licuado del Petróleo - GLP en el sector rural y zonas marginales

B. En el sector industrial:

1. Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz.
2. Optimización del uso de calderas
3. Eficiencia en iluminación
4. Gestión integral de la energía en la industria con énfasis en producción más limpia
5. Cogeneración y autogeneración
6. Uso racional y eficiente de energía en Pequeñas y Medianas Empresas PYMES
7. Optimización de procesos de combustión
8. Optimización de la cadena de frío

C. En el sector comercial, público y servicios:

1. Difusión, promoción y aplicación de tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado
2. Diseño, construcción, reconversión energética y uso eficiente y sostenible de edificaciones.
3. Caracterización, gestión de indicadores y asistencia técnica
4. Actualización o reconversión tecnológica del alumbrado público

D. En el sector transporte:

1. Reconversión tecnológica del parque automotor
2. Modos de transporte
3. Buenas prácticas en el transporte

elr

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Artículo 6°. Adoptar como referente inicial las siguientes metas de eficiencia energética del Plan de acción indicativo 2015 visión al 2019 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y Demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE:

Sector	Potencial de ahorro de energía a 2015 (%)*		Meta de ahorro de energía a 2015 (%)	
	A nivel nacional	Energía eléctrica	20,3	Energía eléctrica
			Otros energéticos	2,1
Residencial	Energía eléctrica	10,6	Energía eléctrica	8,66
			Otros energéticos	0,55
Industrial	Energía eléctrica	5,3	Energía eléctrica	3,43
			Otros energéticos	0,25
Comercial, público y servicios	Energía eléctrica	4,4	Energía eléctrica	2,66
Transporte	Otros energéticos**	0,44	Otros energéticos	0,33
	Otros energéticos***	1,06	Otros energéticos	0,96

*Potencial de ahorro de energía eléctrica estimado por la UPME

**Potencial de ahorro considerando reconversión tecnológica (diesel a eléctrico) de sistemas de transporte masivo articulado y de una fracción de buses tradicionales (diesel a eléctrico e híbrido) del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bogotá

***Potencial de ahorro considerando mejores prácticas de conducción en los sistemas de buses y busetas tradicionales a nivel nacional y en el Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bogotá

Las metas anualizadas se presentan a continuación:

Meta de Reducción de Consumo de Energía Eléctrica – Nivel Nacional:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	1,03	1,03
2	1,18	2,21
3	1,48	3,69
4	2,07	5,75
5	6,05	11,80
6	2,95	14,75

Meta de Reducción de Consumo de Otros Energéticos – Nivel Nacional:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,15	0,15
2	0,17	0,32
3	0,21	0,53
4	0,29	0,82
5	0,86	1,68
6	0,42	2,10

212

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Meta de Reducción de Consumo de Energía Eléctrica – Sector Residencial:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,61	0,61
2	0,69	1,30
3	0,87	2,17
4	1,21	3,38
5	3,55	6,93
6	1,73	8,66

Meta de Reducción de Consumo de Otros Energéticos – Sector Residencial:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,04	0,04
2	0,04	0,08
3	0,06	0,14
4	0,23	0,36
5	0,11	0,47
6	0,08	0,55

Meta de Reducción de Consumo de Energía Eléctrica – Sector Industrial:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,24	0,24
2	0,27	0,51
3	0,34	0,86
4	0,48	1,34
5	0,69	2,02
6	1,41	3,43

Meta de Reducción de Consumo de Otros Energéticos – Sector Industrial:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,02	0,02
2	0,02	0,04
3	0,03	0,06
4	0,04	0,10
5	0,10	0,20
6	0,05	0,25

212

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales. PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Meta de Reducción de Consumo de Energía Eléctrica – Sector Comercial, Público y Servicios:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,19	0,19
2	0,21	0,40
3	0,27	0,67
4	0,37	1,04
5	0,53	1,57
6	1,09	2,66

Meta de Reducción de Consumo de Combustibles por reconversión tecnológica – Sector Transporte:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,02	0,02
2	0,03	0,05
3	0,03	0,08
4	0,05	0,13
5	0,07	0,19
6	0,14	0,33

Meta de Reducción de Consumo de Combustibles por mejores prácticas – Sector Transporte:

Año	Meta anual (%)	Meta acumulada (%)
1	0,07	0,07
2	0,08	0,15
3	0,10	0,25
4	0,14	0,39
5	0,20	0,59
6	0,41	0,96

Artículo 7°. Adoptar como referente inicial las siguientes metas en materia de Fuentes No Convencionales de Energía, FNCE, del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE

7.1. Metas para el Sistema Interconectado Nacional, SIN:

Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Participación de las FNCE en el Sistema Interconectado Nacional	
2015	3.5%
2020	6.5%

7.2. Metas para las Zonas no Interconectadas, ZNI:

Participación de las FNCE en las Zonas No Interconectadas, ZNI	
2015	20% *
2020	30%

* El 20% estará compuesta por 8% de la capacidad actual más 12% provenientes de desarrollos con energía eólica, biomasa, pequeñas Centrales Hidroeléctricas, PCH's, y energía solar.

Artículo 8°. Las metas de eficiencia energética y de FNCE establecidas en los artículos 6° y 7°, serán revisadas cada año, de manera que se permita su actualización, así como la inclusión de nuevas o el redimensionamiento de las existentes.

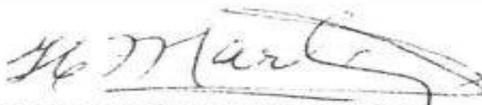
Artículo 9°. El seguimiento y evaluación del Plan de acción indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se realizará por intermedio de la Comisión Intersectorial para el uso racional y eficiente de la energía y fuentes no convencionales de energía – CIURE.

Artículo 10°. Los subprogramas y proyectos definidos en la Resolución 180609 de 2006, se entenderán incluidos dentro de los subprogramas establecidos en los artículos 4 y 5 de la presente Resolución.

Artículo 11°. Vigencia. La presente resolución rige a partir de la fecha su publicación y deroga todas aquellas disposiciones que le sean contrarias, en particular la Resolución N° 180609 de 2006 proferida por el Ministerio de Minas y Energía.

PUBLIQUESE Y CUMPLASE

Dada en Bogotá a los 1 JUN 2010


HERNAN MARTINEZ TORRES
 Ministro de Minas y Energía



El servicio público
es de todos

Función
Pública

Decreto 2629 de 2007

Los datos publicados tienen propósitos exclusivamente informativos. El Departamento Administrativo de la Función Pública no se hace responsable de la vigencia de la presente norma. Nos encontramos en un proceso permanente de actualización de los contenidos.

DECRETO 2629 DE 2007

(julio 10)

por medio del cual se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA,

en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales y en especial las que le confiere el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, y en las Leyes 693 y 697 de 2001 y 939 de 2004, y

CONSIDERANDO:

Que el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio, al cual adhirió Colombia a través de la Ley 170 de 1994 y la Decisión 419 de la Comisión de la Comunidad Andina, establecen que los países tienen derecho a adoptar las medidas necesarias para asegurar la calidad de sus exportaciones, la protección de la salud y la vida de las personas, la protección del medio ambiente y la prevención de prácticas que pueden inducir a error.

Que la Ley 693 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", en su artículo 3° establece: "Considérase el uso de Etanol carburante en las Gasolinas y en el combustible Diésel, 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".

Que la Ley 697 de 2001 "Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones", declaró en el artículo 1° el uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. Igualmente, en su artículo 2° dispuso que el Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera que permita el desarrollo de proyectos concretos a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables, asegurando el desarrollo sostenible, generando la conciencia, el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

Que la Ley 939 de 2004 estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diésel.

Que la escasez de reservas de petróleo en Colombia hace que el Estado considere apremiante y de interés social, público y de conveniencia nacional, aplicar medidas tendientes a que los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento, se fabriquen y adapten de manera que flexibilicen su operación con biocombustibles, es decir, que tengan motores flex-fuel.

Que los importadores, ensambladores y comercializadores en Colombia de los vehículos y demás artefactos nuevos a motor que utilicen combustibles, deben responder por el correcto funcionamiento de tales productos, cuando sus motores utilicen mezclas compuestas por 80% de gasolina básica de origen fósil con al menos 20% de Alcohol Carburante (motores flex-fuel al 20% E-20) o mezclas compuestas por 80% de ACPM (diésel) con al menos 20% de biocombustible para uso en motores diésel (motores flex-fuel al 20% B-20), según corresponda.

Que mediante el documento identificado con la signatura G/TBT/N/COL/96 se surtió el trámite de notificación del presente, conforme a lo dispuesto por la Ley 170 de 1994, Decisión 562 de la Comunidad Andina y por el artículo 3° del Decreto 2360 de 2001.

Que la promoción de las plantaciones para la producción de alcoholes carburantes y biocombustibles que se establece en el presente decreto, se realizará conforme a las disposiciones ambientales vigentes y atendiendo la necesidad de proteger y conservar los ecosistemas y la biodiversidad.

Que en mérito de lo expuesto,

[Ver la Ley 1205 de 2008](#)

DECRETA:

Artículo 1°. Plazos para el acondicionamiento de motores:

a) Derogado por el art. 6, Decreto Nacional 1135 de 2009. A partir del 1° de enero del año 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor, que requieran para su funcionamiento gasolinas, que se produzcan, importen, distribuyan y comercialicen en el país, deberán estar acondicionados para que sus motores sean flex-fuel como mínimo al 20% (E-20), es decir, que puedan funcionar normalmente como mínimo utilizando indistintamente gasolinas básicas o mezclas compuestas por 80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de Alcohol Carburante (motores flex-fuel al 20% E-20).

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

Parágrafo 1°. Cuando a juicio del Gobierno Nacional se presenten situaciones excepcionales de interés social, público y/o de conveniencia nacional, podrá autorizar el uso paralelo de otro tipo de combustibles y/o de vehículos y motores.

Parágrafo 2°. Conforme con sus competencias, los Ministerios de Transporte y de Comercio, Industria y Turismo, señalarán las condiciones de importación, transporte, distribución y comercialización de los productos de que trata este artículo.

Parágrafo 3. Dentro de lo de sus competencias, los Ministerios de Transporte y de Comercio, Industria y Turismo homologarán los paquetes de conversión a los niveles de combustible aquí señalados, para facilitar la transformación del parque automotor.

Artículo 2°. A partir del 1° de enero del año 2010 se deberán utilizar en el país mezclas de diésel de origen fósil con biocombustibles para uso en motores diésel en proporción 90 - 10, es decir 90% de ACPM y 10% de biocombustible (B10).

Artículo 3°. Los Ministerios de Minas y Energía, de Transporte, de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de Protección Social, dentro de sus competencias, regularán la producción, transporte, distribución y uso, así como las emisiones permitidas y demás controles ambientales y de salubridad pública, para el uso de los biocombustibles E-20, B-10 y B-20 en las fechas establecidas.

Artículo 4°. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural promoverá el cultivo de plantaciones que generen la producción de alcoholes carburantes y biocombustibles para uso en motores diésel, con el fin de cumplir lo señalado en el presente Decreto*.

Artículo 5°. Este decreto rige a partir de la fecha de su publicación.

Publíquese y cúmplase.

Dado en Bogotá, D. C., a 10 de julio de 2007.

ÁLVARO URIBE VÉLEZ

El Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural,

Andrés Felipe Arias Leyva.

El Ministro de la Protección Social,

Diego Palacio Betancourt.

El Ministro de Minas y Energía,

Hernán Martínez Torres.

El Ministro de Comercio, Industria y Turismo,

Luis Guillermo Plata Páez.

El Viceministro de Vivienda y Desarrollo Territorial encargado de las funciones del despacho del Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial,

Tony Jozame Amar.

El Ministro de Transporte,

Andrés Uriel Gallego Henao.

NOTA: Publicado en el Diario Oficial 46685 de julio 10 de 2007.

Fecha y hora de creación: 2020-12-12 22:45:14

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°. Considerase 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°. Modificase el artículo 424 del Estatuto Tributario para excluir la partida arancelaria 10.01 trigo y morcajo (tranquillón).

Artículo 5°. Modificase 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:

- a) Bioetanol. Etanol producido de biomasa y/o de residuos biodegradables para ser utilizado como biocombustible;
- b) Biodiesel. Metil/Etil éster producido por aceite vegetal o animal de la calidad de un diesel;
- c) Biometanol. Metanol producido a partir de Biomasa.
- d) Biodimetileter. Dimetileter producido a partir de biomasa;
- e) Biocombustibles sintéticos. Hidrocarburos sintéticos o mezclas de los mismos que han sido producidos a partir de biomasa;
- f) Biohidrógeno. Hidrógeno producido de biomasa y/o residuos biodegradables.
- g) 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.