



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**de Colombia**  
Vigilada Mineducación

## Conveniencia de la Producción de Biodiesel en Colombia desde la Perspectiva del Desarrollo Sostenible

Juan Andrés Ramírez Camacho

Sebastián Camilo Rodríguez Pava

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá D.C, Colombia

Mayo, 2019



Conveniencia de la Producción de Biodiesel en Colombia desde la  
Perspectiva del Desarrollo Sostenible

Juan Andrés Ramírez Camacho

Sebastián Camilo Rodríguez Pava

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de:

**Economista**

Director:

Johan Manuel Redondo PhD

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Bogotá D.C, Colombia



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## Contenido

<b>1. Capítulo I</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1. Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2. Planteamiento del Problema</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3. Justificación</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>9</b>
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9
<b>1.5. Metodología de Investigación</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Capítulo II</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 Marco Referencial</b> .....	<b>11</b>
2.1.1 Marco Teórico.....	11
2.1.1.1 <i>Biodiesel</i> .....	11
2.1.1.2 <i>Producción de biodiesel</i> .....	11
2.1.1.3 <i>Mercado de biodiesel en Colombia</i> .....	13
2.1.2 Marco Normativo.....	17
2.1.3 Estado del Arte.....	21
<b>3. Capítulo III</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 Resultados</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.1 Oferta y demanda</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.2 Aspectos socioeconómicos</b> .....	<b>28</b>
3.1.2.1 <i>Producción</i> .....	28
3.1.2.2 <i>Rendimientos</i> .....	31
3.1.2.3 <i>Empleos generados en la producción de biodiesel</i> .....	32
<b>3.1.3 Uso de suelos y seguridad alimentaria</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 Discusión de Resultados</b> .....	<b>36</b>
<b>4. Capítulo IV</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1 Conclusiones</b> .....	<b>38</b>
<b>5. Bibliografía</b> .....	<b>40</b>

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Proceso de producción de Biodiesel .....	13
Ilustración 2 Producción de aceite de palma .....	14
Ilustración 3: Distribución del porcentaje de mezcla de biodiesel en el territorio nacional .....	15
Ilustración 4 Precios del biodiesel en Colombia.....	16
Ilustración 5. Tipos de biodiesel .....	25
Ilustración 6. Precio del Biodiesel (B10) en Colombia .....	26
Ilustración 7. Capacidad instalada vs Demanda nacional del biocombustible .....	26
Ilustración 8. Proyección demanda del biodiesel.....	27
Ilustración 9. Distribución de la producción de aceite de palma crudo por zonas, 2017(%) .....	29
Ilustración 10. Crecimiento anual de la producción de aceite de palma crudo por zonas (%) .....	30
Ilustración 11. Evolución de los rendimientos de aceite de palma en Colombia .....	32
Ilustración 12. Frontera agrícola en Colombia para el aceite de palma.....	35

## Índice de Tablas

Tabla 1. Rendimientos por zona del aceite de palma en Colombia (Toneladas/Hectárea) .....	31
Tabla 2. Empleos generados en la industria del biodiesel en Colombia por planta de producción a 2013.....	33

# **1. Capítulo I**

## **1.1. Introducción**

La búsqueda de energías limpias ha sido encaminada por los efectos contaminantes de los combustibles minerales, desde su descubrimiento, explotación y agotamiento de pozos (Acosta, 2011). Por lo tanto, los efectos negativos derivados del consumo desmedido de los combustibles de origen mineral, apuntan a los biocombustibles como solución, en aras de reducir el efecto invernadero y daños irreparables al medio ambiente.

En Colombia, los pasos hacia la productividad de biocombustibles han crecido durante los últimos años, teniendo en cuenta la Ley 693 de 2001, donde relaciona las directrices de la producción de alcoholes carburantes en Colombia.

Posteriormente, el gobierno de turno en el año 2008 se encargó de crear beneficios tributarios para los consumidores, al momento de comprar la mezcla en las Estaciones de Servicio y empresarios que formaran plantas de biocombustibles. Adicionalmente, para crear confianza en los inversionistas en este nuevo mercado para el país, el CONPES 3510 de 2008 se propone un esquema interesante y la necesidad de creación de un Fondo de Financiamiento para proyectos de biocombustibles, el cual, se encuentra en proceso de creación y llevará el nombre de Francisco José de Caldas.

Este documento presenta la oportunidad de evaluar la conveniencia de la producción de Biodiesel en Colombia, dada la coyuntura actual, donde las principales ciudades del país presentan niveles de contaminación alta, que está provocando un incremento de enfermedades respiratorias que causan el fallecimiento de casi alrededor del 10% de sus habitantes. (Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental, 2012).

## **1.2. Planteamiento del Problema**

Colombia actualmente tiene como principal producto de exportación el petróleo, hecho que se viene presentando desde finales del siglo XX, cuando el patrón de exportaciones cambió, el país redujo drásticamente la participación del café en exportaciones y su lugar fue ocupado por el petróleo (Kalmanovitz, 1982).

La dependencia petrolera continua y actualmente en muchos países del mundo se ha acordado tomar medidas para reducir las emisiones de dióxido de carbono, las cuales son producidas por combustibles derivados del petróleo. Por lo tanto, Colombia debe empezar a no generar dependencia al petróleo, así como a generar alternativas a los combustibles convencionales derivados del mismo.

En Colombia se producen biocombustibles, entre ellos el biodiesel. El biodiesel usa como materia prima aceites vegetales para su producción y se conoce como biocombustible de primera generación, sin embargo, se discuten los impactos ambientales y sociales negativos, y cómo la producción de biodiesel impacta los cultivos y su oferta alimentaria. (Ibarra, 2017).

Ahora bien, se hace necesario que además de producir biocombustibles que ayuden a mitigar la contaminación ambiental, generen beneficios sociales y económicos, pensando en el desarrollo sostenible. Por ende, la investigación pretende realizar un análisis de la conveniencia de producir biodiesel en Colombia desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

La industrialización cambia rápidamente, el sector de biocombustibles se ha convertido en el mayor impulsor del cambio de uso de la tierra y la política debe hacer énfasis en el uso de ésta, ya que muchos de los impactos ambientales y sociales de las materias primas de biocombustibles se han mediado a través del uso de suelos (De Bhowmick, Sarmah & Sen, 2018).

En este contexto, este documento de investigación se limita a analizar si es conveniente producir biodiesel en Colombia pensando en el desarrollo sostenible. En ese orden de ideas, la pregunta de investigación es:

¿Cuál es la conveniencia de la producción de biodiesel en Colombia desde la perspectiva del desarrollo sostenible?

Para dar respuesta a la investigación, es necesario analizar cómo está delimitado el uso de suelos en Colombia para la siembra de palma de aceite, materia prima del biodiesel. También es necesario analizar los impactos económicos, sociales y ambientales que conlleva producir biodiesel en el territorio nacional.

### **1.3. Justificación**

Como justificación del propósito de este documento, se determinará las ventajas de la producción de biodiesel, desde la óptica equilibrada de tres conceptos: lo ambiental, social y económico, teniendo en cuenta que los proyectos minero – energéticos deben ser evaluados de esa forma, en aras de evitar destruir sistemas ambientales que afectan a la sociedad en su sobrevivencia y cuyo efecto económico puede presentar crisis aún mayores derivadas de malas decisiones.

A su vez, el uso de suelos comprende un componente esencial para la producción de palma de aceite, donde se puede cuestionar los costos directos a la seguridad alimentaria, cuyo beneficio económico sobresale en generación de empleo en zonas del territorio colombiano, donde las oportunidades de laborar son limitadas (Acosta, 2011)

Las bondades del uso de biocombustibles pueden ser más beneficiosas, con base en que la meta propuesta cuando se desarrollaban los proyectos de biocombustibles en Colombia se estimó llegar a la mezcla B20, por medio del decreto 2629 de 2007. Con esta premisa, es importante plantear la conveniencia del biodiesel, contemplando las

ventajas que puede ofrecer, como la generación de empleo, ingresos y aprovechamiento de espacio de siembra. Por su parte, los posibles efectos en la seguridad alimentaria y la erosión de los suelos.

Adicionalmente, hay que destacar los instrumentos jurídicos que quieren implementar para aprovechar estos medios energéticos con baja contaminación atmosférica como lo son el CONPES 3510, leyes 693 de 2001, Ley 993 de 2004, entre otros. Por su parte, especificados en las resoluciones sobre la calidad de Diésel y Gasolina, se destacan las resoluciones 1180 de 2006 y 90963 de 2014.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar la conveniencia de la producción de biodiesel en Colombia desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el mercado de oferta y demanda de la producción de Biodiesel en Colombia.
- Identificar los aspectos socioeconómicos de la producción de biodiesel en Colombia.
- Indicar los impactos ambientales que conlleva producir biodiesel en Colombia.

## **1.5. Metodología de Investigación**

La metodología aplicada inició con la consulta en Web of Science (18 de marzo de 2019) de la ecuación de búsqueda: biofuels AND sustainability AND development, obteniendo doscientos noventa y dos artículos. Éstos fueron llevados a Tree of Science, para aplicarles un algoritmo de análisis inteligente con el que se

identificaron aquellos que tenían el mayor nivel de citas. Se organizaron las referencias seleccionadas en el aplicativo Mendeley para su lectura y, posteriormente, se identificaron cada una de las ideas centrales.

Luego de leer cada uno de los artículos del aplicativo Mendeley, seleccionamos algunos para organizar el marco referencial, definiendo conceptos clave para el entendimiento del trabajo. Así mismo, se elaboró el estado del arte con los artículos de investigación más recientes. Se organizó de tal forma que el lector pueda ver el panorama general; es decir, los estudios realizados en diferentes partes del mundo y luego ver el panorama de cómo se encuentra el mercado del biodiesel en Colombia.

Para los resultados, se analizaron las principales fuentes disponibles en lo que refiere a biodiesel en Colombia. Los datos generales del mercado, como oferta y demanda, fueron analizados con los datos suministrados por la Federación Nacional de Biocombustibles.

Para identificar los aspectos socioeconómicos, se consultó la biblioteca de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de aceite, donde se analizaron los aspectos de producción y rendimientos de los cultivos.

Para las variables de uso de suelos y seguridad alimentaria, se consultó en las principales páginas web en materia de investigación económica, entre ellas, Fedesarrollo, en donde se encontró gran parte de los datos requeridos para ver el panorama del uso de suelos, referente al cultivo de palma de aceite.

## **2. Capítulo II**

### **2.1 Marco Referencial**

#### **2.1.1 Marco Teórico.**

##### ***2.1.1.1 Biodiesel.***

El biodiesel es un tipo de combustible que proviene de aceites vegetales o animales mezclado con un alcohol, junto con un catalizador. Por lo general, se usa hidróxido de potasio o de sodio, de acuerdo como lo define la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia.

Según Fedebiocombustibles (2016), la materia prima utilizada para la producción de biodiesel es el aceite de palma y es mezclado con diésel puro. En Colombia, en la mezcla se usa un 12% de biocombustible y el 88% es diésel puro, esto puede variar según la zona del país, como sucede en las zonas fronterizas con Venezuela, donde apenas se usa un 2% de biocombustible y el restante diésel puro. El biodiesel se representa con la letra B, seguido del porcentaje mezclado de biocombustible, por ejemplo, **B12**.

##### ***2.1.1.2 Producción de biodiesel***

De acuerdo con Corley & Tinker (2017), la materia prima principal para la producción de biodiesel es el aceite de palma, debido a que los rendimientos más altos por hectárea son los de la palma de aceite, en comparación con otros cultivos relacionados con la línea de aceites.

En Colombia, la palma de aceite empezó a tener un crecimiento importante solo a finales del siglo pasado, a pesar de haber sido introducida en 1932. Dicho crecimiento

se dio en parte por las políticas de gobierno que impulsaban el desarrollo de cultivos con aceite de palma (Fedepalma, 2006).

Un clima y un suelo adecuado son esenciales en el cultivo de aceite de palma, pero no solamente basta con eso, también se hace necesario unas semillas de buena calidad y una rigurosa preparación del suelo previo a la plantación, así como fertilizantes para maximizar el rendimiento del cultivo (Fedepalma, 2009).

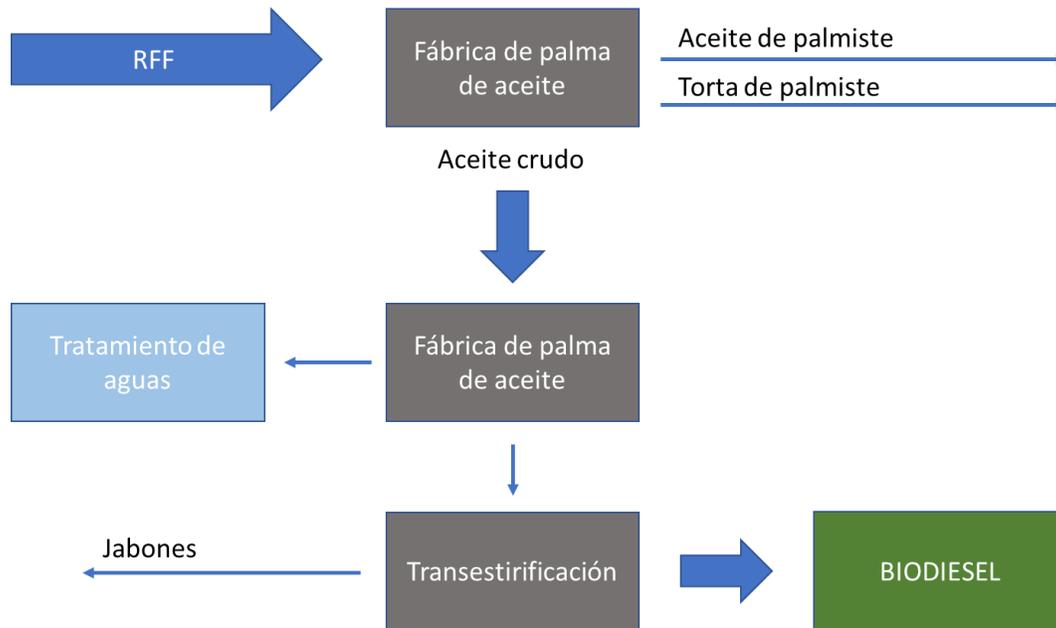
Según Fedepalma (2006), pasado el tercer año la palma de aceite genera producción, luego en un periodo de siete a diez años logra la estabilización después de tener rendimientos crecientes, y la vida útil de la palma de aceite, está alrededor de los 25 años.

El Ministerio de Minas y Energía, en su informe *“Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia”* elabora un listado de procesos necesarios para la producción de biodiesel. El primero, es la extracción de aceite de palma, la cual inicia con el descargue de los Racimos de Fruta Fresca RFF; posteriormente, se esterilizan mediante un mecanismo de vapor. Los frutos son separados de los racimos y luego entran en una etapa que se conoce como digestión, donde el aceite se libera del fruto. Seguido a eso, se clarifica el aceite y se reduce la humedad con el método de secado al vacío.

El segundo proceso en la cadena de producción de biodiesel es la refinería de aceite, el cual consiste en filtrar el aceite crudo, se blanquea y se desodoriza con ácido cítrico (Minergía, 2012). En el proceso de extracción del aceite se generan aguas residuales con gran contenido de materia orgánica.

En el tercer proceso, el aceite refinado ya está listo para ser empelado en la producción de biodiesel. En el proceso se usa metanol y un catalizador. En la Ilustración 1 se evidencia el proceso de producción del biodiesel.

## Ciclo productivo del biodiesel en Colombia

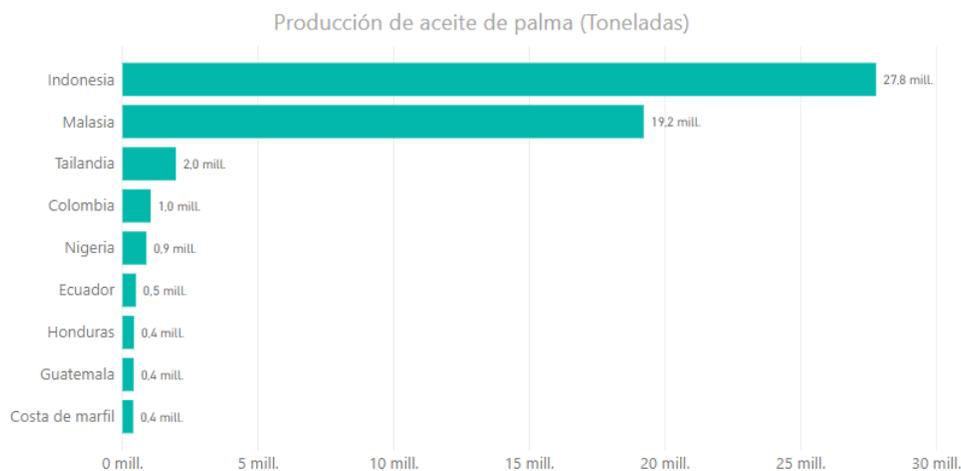


**Ilustración 1: Proceso de producción de Biodiesel**

**Fuente:** Adaptado de Ministerio de Minas y Energía (2012).

### *2.1.1.3 Mercado de biodiesel en Colombia*

El aceite de palma es la materia prima para la producción de biodiesel. Colombia es uno de los países que más produce aceite de palma en el mundo de acuerdo con los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Para el año 2013, Colombia era el quinto país en producción de aceite de palma en el mundo y el primero en Latinoamérica como se observa en la Ilustración 2 Producción de aceite de palma Ilustración 2.



### Ilustración 2 Producción de aceite de palma

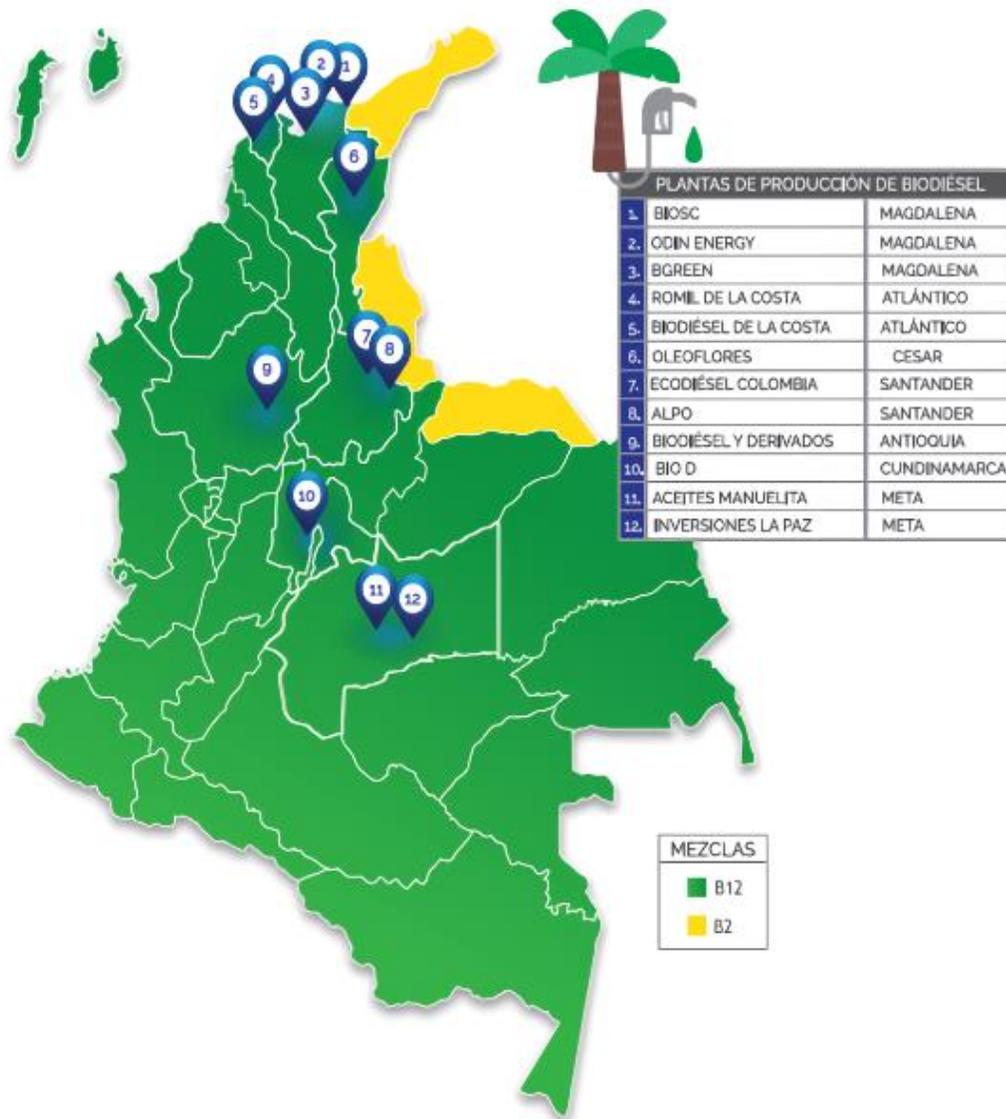
**Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Colombia para el año 2013 producía un poco más de un millón de toneladas de aceite de palma, mientras que países como Indonesia y Malasia dominaban la producción con 27.8 y 19.2 millones de toneladas respectivamente. No obstante, Colombia tenía una producción representativa dentro del mercado.

Para el año 2017 Colombia producía 1.627.572 toneladas de aceite de palma, un 56.37% más que en el 2013 de acuerdo con las cifras de Fedebiocombustibles (2018). Para ese mismo año 2017, el número de hectáreas sembradas alcanzaba las 430.884 y, la producción de biodiesel era de 460.121 toneladas.

Actualmente en Colombia existen 11 plantas productoras de biodiesel distribuidas en varias zonas del país. Las plantas productoras son: Biocombustibles sostenibles del Caribe, Oleflores, Romil de la Costa, Biodiesel de la Costa, Odín Energy, BioD siendo la planta que más toneladas produce, 200,000 al año. También están las plantas de Ecodiesel Colombia, Aceites Manuelita, Inversiones la Paz, ALPO y Biocosta Green Energy.

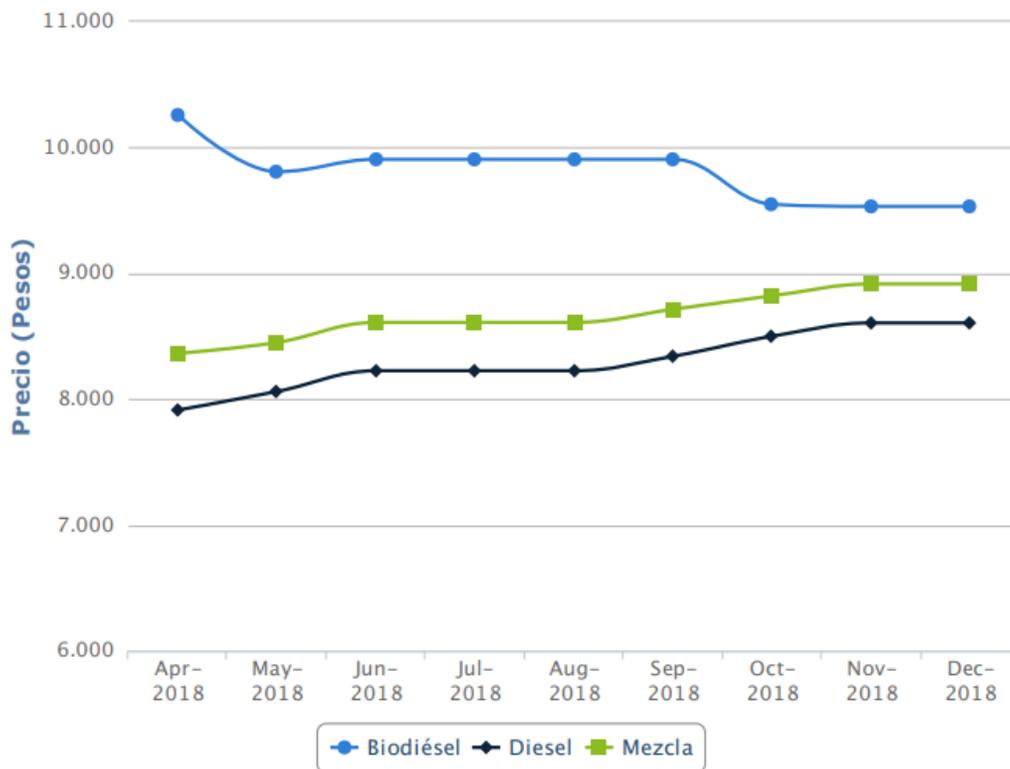
Las plantas en su conjunto y la cadena productiva del biodiesel generan 24,620 empleos directos y unos 49,240 empleos indirectos (Fedebiocombustibles, 2018). La distribución del porcentaje mezclado de biodiesel con diésel puro está distribuida en el territorio nacional como se muestra en la Ilustración 3.



**Ilustración 3: Distribución del porcentaje de mezcla de biodiesel en el territorio nacional**  
**Fuente:** Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia

En la Ilustración 3 se evidencia que solamente en las zonas que tienen frontera con Venezuela, se mezcla al 2% de biodiesel y las zonas restantes hasta un 12%. Adicionalmente, es posible observar que la mayoría de las plantas productoras se encuentran en la Costa Atlántica.

Por otro lado, los precios del biodiesel son un determinante importante de la demanda de éste. El Gobierno Nacional regula los precios de los combustibles y biocombustibles (Fedebiocombustibles, 2009). En la Ilustración 4 se observa cómo ha sido el comportamiento de los precios del biodiesel puro, mezclado y del diésel, o ACPM como se conoce en Colombia.



**Ilustración 4 Precios del biodiesel en Colombia**  
**Fuente:** Federación Nacional de Biocombustibles

En el gráfico anterior se observa que el biodiesel puro, tiene un precio muy por encima del ACPM y del biodiesel mezclado, por lo tanto, hace difícil que exista una mayor demanda del biodiesel puro. Por otro lado, el biodiesel mezclado tiene un precio superior, pero aproximado al del ACPM, lo que puede generar demanda y llegar a ser un sustituto en el mercado del diésel puro. Sin embargo, la brecha tiene que cerrarse un poco más para que la demanda tanto de biodiesel mezclado como biodiesel puro aumente respecto a la del ACPM.

### **2.1.2 Marco Normativo**

En Colombia, los pasos hacia la productividad de biocombustibles han crecido durante los últimos años, sin embargo, los planes de gobierno no han ejecutado algunas medidas para controlar la contaminación en las principales ciudades del país, teniendo en cuenta que la Ley 693 del 19 de septiembre de 2001, donde relaciona las directrices de la producción de la base fundamental de los Biocombustibles del país. “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.” (Ministerio de Minas y Energía, 2001)

Adicionalmente, se complementan con las leyes 788 del 27 de diciembre de 2002 “Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones” Donde se resalta la exención del “alcohol carburante con destino a la mezcla con gasolina para los vehículos automotores” (artículo 1, Ley 788/02). Y posteriormente con la Ley 818 del 8 de julio de 2003 “Por la cual se dictan normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones”, en la cual incentiva la producción de los derivados de la caña de azúcar como la “chancaca” (artículo 1, Ley 818/03).

Luego, se buscó una medida para mejorar los alcances e implicaciones de los biocombustibles en Colombia, por lo cual se legisló la Ley 939 del 31 de Diciembre de 2004, “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 diésel y se dictan otras disposiciones” donde se resalta el artículo 6 que dice lo siguiente “Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley se entiende por Biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel 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 diésel.” Y describe los siguientes biocombustibles para considerarse: Bioetanol, Biodiesel, Biometanol, Biodimetileter, Biohidrógeno, Aceites Vegetales Puros.

En el año 2007 se procuró fortalecer estatutariamente la producción de biocombustibles por medio de las Leyes 1133, 1151 y 1152, donde se encargan de generar herramientas adicionales de fomento, desarrollo y producción, contenidos en el programa de Agro Ingreso Seguro, el Plan Nacional de Desarrollo y el Estatuto de Desarrollo Rural, afianzando así todo un paquete legislativo apoyando el desarrollo de los biocombustibles en casi todos los escenarios nacionales.

Para complementar se realiza una síntesis del marco jurídico explicado:

MARCO NORMATIVO	RESUMEN
Ley 2 De 1959	Se dictamina los lineamientos de las zonas forestales protectoras y bosques de interés general, adicionalmente se establecen medidas para el desarrollo de la economía forestal en aras de cuidar de los recursos naturales, como suelos, aguas y vida silvestre.

Decreto Ley 2811 De 1974	El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en lineamiento con la ley 2 de 1959, insta a las instituciones oficiales a el cuidado de las cuencas hidrográficas de los elementos que la contaminen o degraden. Y así mismo el correcto aprovechamiento de los suelos, donde se prevenga la erosión y daños causados por su uso.
Decreto Minagricultura 877 De 1976	Define la prioridad de los diferentes usos de los recursos forestales, zonificación de protección y el correcto aprovechamiento de los suelos por medio de permisos especiales. Adicionalmente, ordena y delimita los bosques en aras de protegerlos de actividades que vayan en contra de su sostenibilidad.
Ley 69 De 1993	Establece el seguro agropecuario en Colombia como un instrumento para incentivar y proteger la producción de alimentos y buscar el mejoramiento económico del sector rural, promoviendo el ordenamiento económico del sector agropecuario, cuyo objeto es la protección de las inversiones agropecuarias. Con esta norma también se crean el Fondo Nacional de Riesgos Agropecuarios y el Fondo Agropecuario de Garantías, que facilitan líneas de crédito para la adecuación de suelos a los minifundistas y el respaldo a los grandes y medianos productores.
Ley 99 De 1993	Crea una nueva estructura institucional para el manejo y administración de los recursos naturales renovables y del medioambiente; le asigna, entre sus funciones, la regulación de los condiciones generales para el saneamiento del medioambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.
Ley 101 De 1993	Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero. Dentro de esta se promulga el "elevar la eficiencia y la competitividad de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros mediante la creación de condiciones especiales" y "crear las bases de un sistema de incentivos a la capitalización rural (ICR) y a la protección de los recursos naturales"

Decreto Minagricultura 626 de 1994	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 101 de 1993 y se dictan algunas disposiciones sobre el incentivo a la capitalización rural, específicamente el artículo 28, el cual se refiere a la reglamentación de incentivo a la capitalización rural (ICR)
Decreto Minagricultura 1840 de 1994	Por el cual se reglamenta el artículo 65 de la Ley 101 de 1993, mediante la definición del ámbito de aplicación, obligaciones, sanciones y demás acciones del ICA en lo referente al desarrollo de políticas y planes tendientes a la protección de la sanidad, la producción y la productividad agropecuarias del país.
Ley 811 de 2003	Por la cual se crean las organizaciones de cadenas en los sectores agropecuario, pesquero, forestal, avícola y las sociedades agrarias de transformación (SAT), y se dictan disposiciones para mejorar la competitividad de las cadenas estableciendo los acuerdos de competitividad entre los eslabones de la cadena. Este acuerdo es refrendado por el Gobierno Nacional.
CONPES 3375 de 2005	Política nacional de Sanidad Agropecuaria en Inocuidad.
Decreto Ley 4145 de 2011	Por el cual se crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA) y se dictan otras disposiciones.
Resolución Minagricultura 398 de 2011	Por medio de la cual se establece el procedimiento para el reconocimiento de empresas especializadas, conforme a lo establecido en la Ley 9 de 1983, modificada por la Ley 75 de 1986 y compiladas en el artículo 157 del Decreto 624 de 1989.
Ley 1607 de 2012	Por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan disposiciones. A través de esta, se modifica el artículo 424 de Estatuto Tributario, referente a los bienes que no causan impuesto sobre las ventas (IVA); se encuentran allí los fertilizantes, maquinaria y partes e maquinaria para preparación, trabajo del suelo o uso agrícola, según la nomenclatura arancelaria andina vigente.
Resolución Minagricultura 113 de 2014	Por medio de la cual se modifica el inciso 1 del artículo 5 de la Resolución 398 de 2011, referente al procedimiento para obtener el reconocimiento como empresa especializada.

Resolución ICA 2009 de 2014	Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de predios palmeros.
Resolución ICA 4170 de 2014	Por medio de la cual se establecen las plagas de control oficial en el cultivo de palma de aceite.
Decreto 1071 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.
Ley 1753 de 2015	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, "Todos por un nuevo país"

### 2.1.3 Estado del Arte

En Colombia recientemente se cuenta con poca información respecto al tema de la investigación, con base en que la infraestructura aún se está implementando. Los temas principales analizados del presente estado del arte, se concentran en el uso de suelos y cultivos de aceite de palma para la producción de biodiesel. El pilar central de esta investigación comprende la determinación del biodiesel en el equilibrio económico, ambiental y social.

Para conocer los antecedentes referentes a la producción de biodiesel y el cultivo de palma de aceite, en primer lugar, es importante consultar de forma general cómo está el mercado global con los principales jugadores en el mercado del biodiesel. En segundo lugar, consultar los antecedentes de estudio en el caso de Colombia y comprender el alcance de estos.

La materia prima principal para producción de biodiesel es el aceite de palma, de acuerdo con Corley & Tinker (2017), los rendimientos más altos por hectárea son los de la palma de aceite comparado con otros cultivos relacionados con la línea de aceites. Sin embargo, existen otros tipos de materia prima usados para producir biodiesel a nivel Mundial.

En Latinoamérica, los sistemas de producción de biocombustibles son diversos debido a las condiciones geográficas, los patrones históricos de tenencia de la tierra y su uso, así como las políticas gubernamentales (Selfa et al., 2015). En el caso de Colombia, la producción de biocombustibles ha venido aumentando de manera sostenida de acuerdo con las cifras presentadas anualmente por Fedebiocombustibles.

Muchos gobiernos de Latinoamérica incentivan el crecimiento de la industria de biocombustibles y consideran que un desafío clave para la sostenibilidad de los biocombustibles, son los impactos sociales (Selfa et al., 2015). La expansión de la producción biocombustibles en México, Colombia y Brasil ha generado tensiones de tipo social que afectan seriamente la viabilidad de estas alternativas energéticas (Selfa et al., 2015).

Las tensiones sociales deben ser mitigadas con políticas a nivel nacional para el buen desarrollo de biocombustibles, para lograr un nivel óptimo de sostenibilidad local que se ajusten a los estándares de sostenibilidad global (Selfa et al., 2015). El biodiesel particularmente se ha vuelto más atractivo debido a sus beneficios ambientales, por el hecho de que se produce con recursos renovables (Ma & Hanna, 2003).

La producción implica costos y en el caso del biodiesel ha sido el principal obstáculo para la comercialización del producto, esto debido a que los procesos y métodos tienen implícitos costos que afectan el producto final (Ma & Hanna, 2003). Sin embargo, los costos son distintos en cada país dependiendo la infraestructura y las condiciones geográficas, así como las políticas que existan en materia de biocombustibles (Selfa et al., 2015).

El biodiesel es uno de los biocombustibles renovables más prometedores y ha tenido un rápido aumento en la capacidad de producción mundial debido a la alta demanda en reemplazo del Diesel puro (Nomanbhay, Hussein, & Ong, 2018).

Con el aumento de la demanda de biodiesel, lleva también un aumento de la oferta de materia prima, en el caso de Malasia, se usa el aceite de palma en las cadenas de producción (Nomanbhay et al., 2018). De acuerdo con las cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Malasia es el segundo productor y exportador de aceite de palma en el mundo, solamente superado por Indonesia.

Malasia representa el 40% del aceite de palma producido mundialmente al año. El aceite de palma tiene alto potencial debido a su alto rendimiento por hectárea y alto contenido de aceite si se compara con otros cultivos (Nomanbhay et al., 2018). En el caso colombiano, el rendimiento por hectárea ha venido creciendo de forma sostenida según informes de Fedebiocombustibles (2018).

El biodiesel es exportado por muchos de los países productores, en Malasia la carga arancelaria a las exportaciones de biodiesel son muy altas y han generado un rezago respecto a países más competitivos como Indonesia, Tailandia y Colombia (Nomanbhay et al., 2018).

Para Colombia es importante conocer los competidores más cercanos en la producción de biodiesel. En el caso de Brasil, ha creado un programa ambicioso y ha creado una gran demanda y es así como cinco años después Brasil se encuentra entre los principales productores mundiales de biodiesel (César & Batalha, 2013). No obstante, Colombia es el quinto país que más produce palma de aceite y el primero en Latinoamérica según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, lo cual le da una ventaja competitiva importante en la producción de biodiesel.

Los biocombustibles en Colombia han sido promovidos por el gobierno como medio para lograr energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar desarrollo agropecuario (Selfa et al., 2015).

Los objetivos de los biocombustibles se institucionalizaron a través de medidas legales. En el año 2013, Colombia era el mayor productor de aceite de palma y ésta se ha convertido en el cultivo de más rápido crecimiento en el país. La mitad de los cultivos de aceite de palma está dedicada a la producción de biodiesel y el resto a fines industriales y alimentarios (Selfa et al., 2015).

### **3. Capítulo III**

#### **3.1 Resultados**

##### **3.1.1 Oferta y demanda**

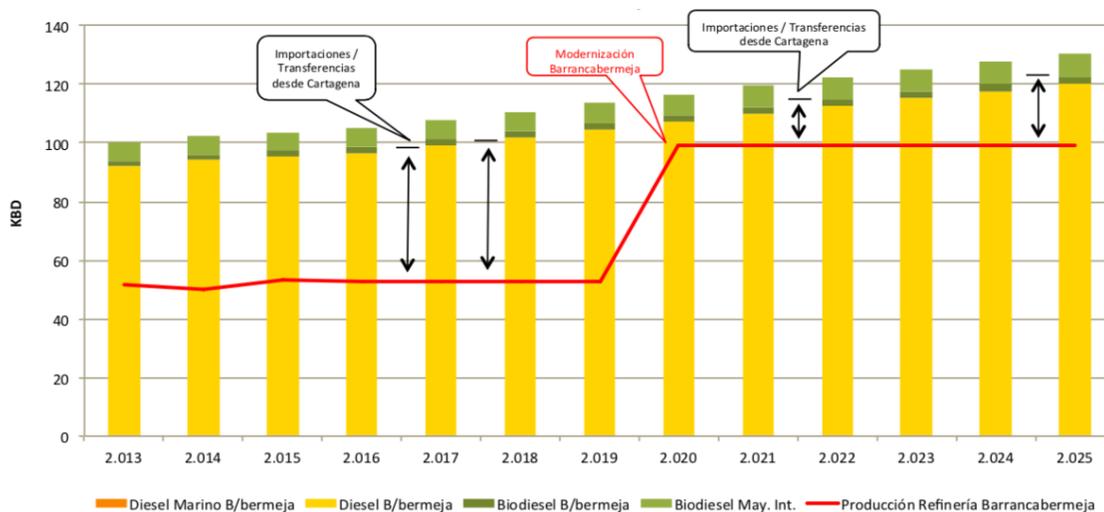
De acuerdo con el planteamiento del presente documento, la producción de biodiesel en Colombia posee aspectos marcados y otros que pueden ser manejados, en aras de influir sobre el precio transado en el mercado.

De acuerdo con las estadísticas del DANE, el consumo de Biodiesel ha incrementado en los últimos años, por medio de las políticas y CONPES estructurados para incentivar su uso y estabilización de los precios a través de subsidios. Lo anterior, con base en que las importaciones de diésel de bajo azufre han tenido una tendencia de alza en el país. (Fedebiocombustibles, cámara de Biodiesel, 2013).

Por su parte, al analizar la demanda del diésel, se encuentra que la oportunidad de emplear la mayor parte de la producción de aceite de palma, para cumplir con el objetivo trazado de un B12, en la distribución de las estaciones de servicio en todo el territorio nacional, traerá un beneficio ambiental, económico y social.

Por lo tanto, al comparar los beneficios que trae producir un diésel de mejor calidad y mezcla B12, la producción dará cobertura a la demanda interna y tendrá la oportunidad de exportar los excedentes.

Esto depende principalmente de los ajustes que se tengan a los costos de transportes de los productores internamente, para igualar las condiciones que se tienen para la importación de este tipo de combustible. La proyección de este panorama se puede observar en la Ilustración 5.



Fuente: cálculos del consultor con base en información de UPME, Ecopetrol, MME y Fedebiocombustibles

### Ilustración 5. Tipos de biodiesel

Fuente: UPME, Ecopetrol, MME y Fedebiocombustibles 2015

Otro eslabón importante en la cadena de mejora de la oferta de diésel y biodiesel se encuentra en la actualización y mejora de las refinerías colombianas, ya que la distribución del combustible reduciría costos de transporte y su precio se estabilizaría por periodos más largos, de acuerdo con los rubros que componen el precio final al consumidor. A continuación, se referencia la ecuación básica de los precios y un esquema de precio por galón:

$$IP_{Biodiésel} = \text{Max}[PISO; Par Impo_{FEP}^*; Fósil_{IP Diésel}]$$

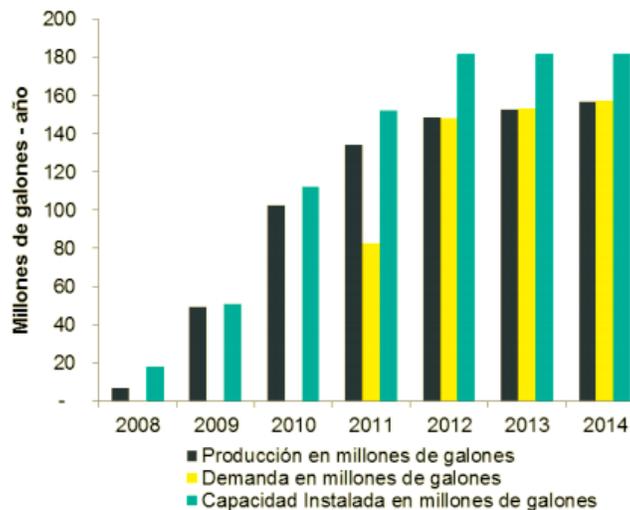
Fuente: FEP – Fondo de Estabilización de Precios de Palma

		Diésel Mezclado	
Ingreso Productor	Ecopetrol Reficar	COP	3,530
	Biocombustible	COP	873
Transporte	Poliducto - Terrestre	COP	438
Demanda + Consumo	Mayorista- Minorista	COP	1,010
Impuestos	Impuestos y otros	COP	1,497
<b>Precio venta público</b>		<b>COP</b>	<b>7,348</b>

**Ilustración 6. Precio del Biodiesel (B10) en Colombia**

**Fuente:** Elaboración propia – Datos CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas 2016

Adicionalmente, la capacidad total instalada de producción de Biodiesel sobrepasa la demanda nacional, por lo tanto, debe considerarse la oportunidad de enfocar esfuerzos de las plantas de todo el país, para generar excedentes de este tipo de combustible, que daría un valor agregado a la producción de aceite crudo de palma que se exporta como materia prima.



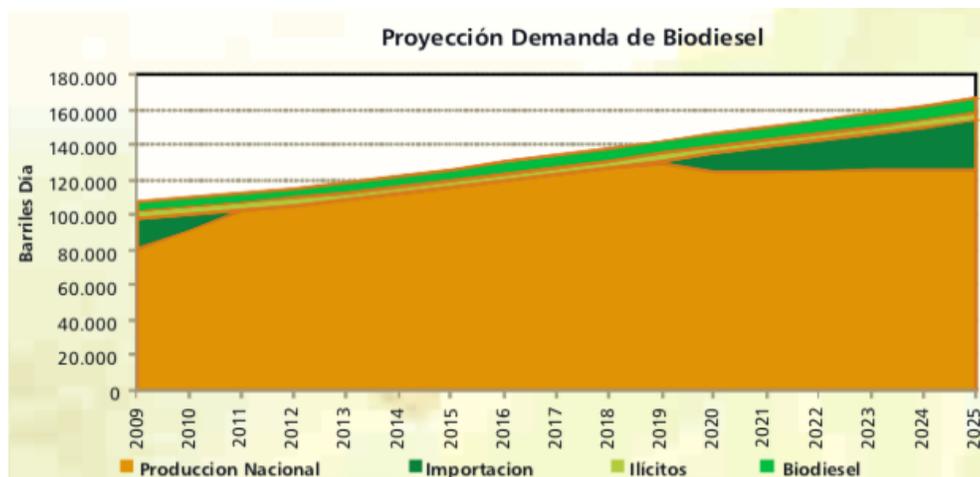
**Fuente:** Elaboración propia, Fedebiocombustibles, 2015  
**Nota:** Datos de demanda no están disponibles para los años 2008 al 2010.

**Ilustración 7. Capacidad instalada vs Demanda nacional del biocombustible**

**Fuente:** Diario la República 2018

La historia de la mezcla de biodiesel en el país ha estado sujeto a la oferta generada desde el inicio del funcionamiento de las refinerías, iniciando en la costa atlántica en un B5. Posteriormente, se fueron sumando otras refinerías y la distribución de la mezcla en otros departamentos. Para el año 2010, se formalizó la meta de la mezcla en B10 y una proyección de B20 para el 2012, eso sí, dependiendo directamente de los vehículos con motores para este propósito.

Por lo tanto, la proyección de demanda se estableció por supuestos basados en el consumo de vehículos con motores diésel, es decir, sujeto a tres aspectos importantes; proyección de precios de gas natural para vehículos, proyección de precios de ACPM y un crecimiento estable del 4% en el largo plazo.



**Ilustración 8. Proyección demanda del biodiesel**  
**Fuente:** UPME – Unidad de Planeación Minero-Energética

Por ende, la exigencia de producción tendrá una tasa promedio del 2.8% anual con la constante de mezcla B5, así para el año 2025, se necesitarán 8,400 barriles por día, lo que se traduce en 55.1% de incremento en la producción. (Informe Biocombustibles en Colombia, UPME, 2009)

De esta manera, la esencia de este tipo de programas debe ser enfocado en la sinergia de la explotación de insumos y los procesos de transformación. Llevado a cabo por medio de la zonificación de los sectores de cultivo más productivos y por supuesto con acceso para un eficiente transporte, en aras de reducir costos para el consumidor final.

En este escenario, la conveniencia de fortalecer este producto como propuesta de ventaja comparativa frente a otros países de la región, es un camino que el país debe tener en consideración y enfocar con mucho más criterio en la formulación de proyectos de energías limpias.

### **3.1.2 Aspectos socioeconómicos**

Producir biodiesel en Colombia genera cambios en los aspectos sociales y económicos, desde el momento de la extracción de la materia prima; en este caso, el aceite de palma, hasta su paso por la cadena productiva de transformación a biodiesel. El objetivo de este capítulo es identificar los aspectos más influyentes en la producción de biodiesel, los cuales son determinantes para definir la conveniencia de su producción en Colombia.

El análisis de los aspectos socioeconómicos tiene un enfoque cuantitativo y centra su atención en el sector palmero, debido a su dinamismo y su alta participación en la cadena de producción de biodiesel. Adicionalmente, la producción de cultivos de palma de aceite se da en zonas rurales donde hay pocos generadores de empleo y las oportunidades de tener una mejor calidad de vida son mínimas, en comparación con otras zonas del país.

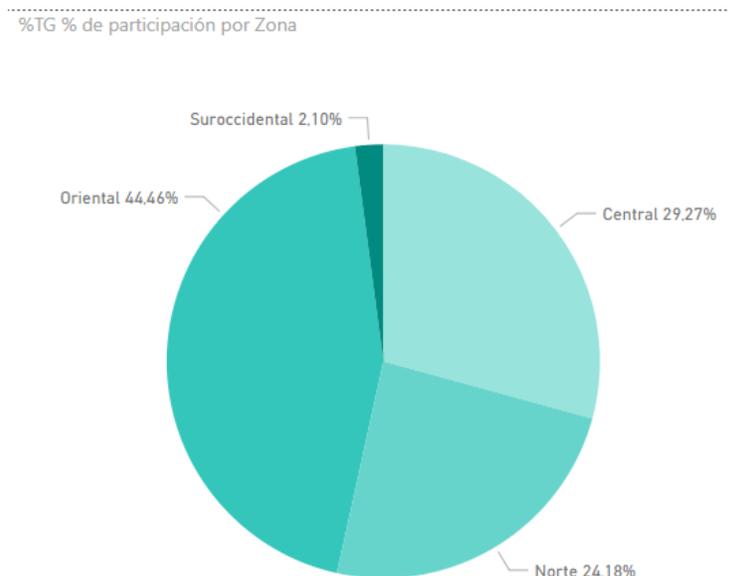
#### ***3.1.2.1 Producción***

La producción de aceite de palma en Colombia está distribuida geográficamente en cuatro zonas, la zona centro, cuya composición departamental es Cundinamarca,

Santander, Norte de Santander y algunas zonas de Antioquia. La zona norte, compuesta por los departamentos de Bolívar, Atlántico, Magdalena, Cesar y la Guajira; así como las zonas más al norte de Antioquia. La zona oriental, constituida por Casanare y Meta. La zona suroccidental cubre los departamentos de Nariño, Caquetá y el Cauca.

De acuerdo con el anuario estadístico reportado por Fedepalma en 2018, la producción de aceite de palma crudo para el año 2017, alcanzó 1,627,552 toneladas, un 42% más respecto al año anterior. El crecimiento está dado por mejoras en las condiciones climáticas, aumentos en la productividad de algunas zonas y también por la transición de áreas que se encontraban en desarrollo, las cuales pasaron a producción (Fedepalma, 2018).

La zona central fue la que más tuvo participación con un 29% de la producción total en 2017, como se observa en la ilustración 9.



**Ilustración 9. Distribución de la producción de aceite de palma crudo por zonas, 2017(%)**

**Fuente:** Adaptado de Fedepalma, anuario estadístico 2018

La producción de aceite de palma crudo tuvo un crecimiento sostenido desde el año 2011 hasta el 2015, no obstante, en 2016 la producción cayó un 10% y, para el 2017, el aumento fue representativo como se mencionó anteriormente. La reducción en la producción en 2016 se explica por el fenómeno del niño, el cual afectó a gran parte del sector agrario del país. Las bajas precipitaciones afectaron con mayor fuerza la zona norte (Fedepalma, 2016).



**Ilustración 10. Crecimiento anual de la producción de aceite de palma crudo por zonas (%)**

**Fuente:** Adaptado de Fedepalma, anuario estadístico 2018

Para el año 2016 se esperaba que la producción estuviera por debajo del año anterior, dado que en 2015, la producción fue atípica, explicado por una mejora de la zona oriental en términos de productividad (Fedepalma, 2016). En la Ilustración 10, se observa que la única zona que mantuvo un crecimiento en la producción para el 2016 fue la zona suroccidental.

La producción aumentó al igual que el área sembrada de palma de aceite y, para el 2017, el área total sembrada alcanzó las 516,960 hectáreas, logrando así un aumento en 4,884 hectáreas respecto al año 2016, de acuerdo con las cifras presentadas por Fedepalma en el anuario estadístico de 2018. La zona que más hectáreas sembró a 2017 fue la oriental, con 207,335 que representan el 40.1% del total nacional, seguido de la zona central con 163,412 hectáreas, para un 31.6% de participación en la siembra de palma de aceite.

### ***3.1.2.2 Rendimientos***

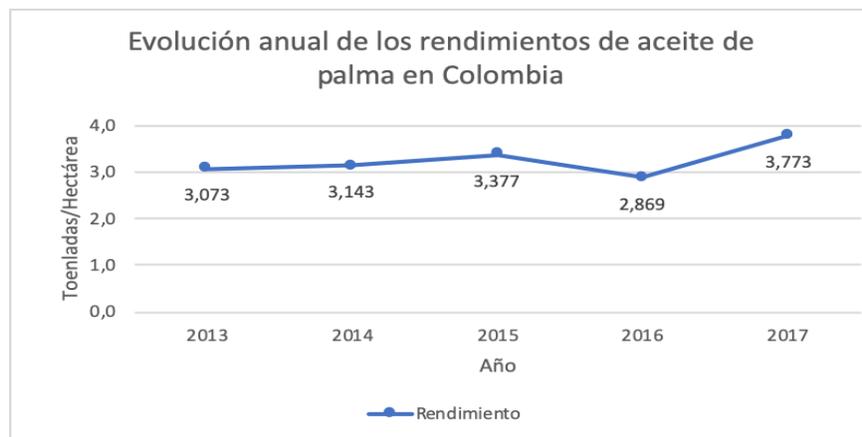
Por otro lado, los rendimientos del aceite de palma en Colombia son medidos a través de la proporción de área sembrada (hectáreas) del total de la producción de aceite de palma crudo (toneladas). Entonces, se observa que los rendimientos han tenido un comportamiento similar a la producción, un descenso en el 2016 y un aumento significativo en 2017.

<b>ZONAS</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Centro</b>	2.503	2.860	2.974	2.534	3.390
<b>Norte</b>	3.870	3.994	3.862	3.120	3.811
<b>Oriental</b>	3.120	2.981	3.571	3.116	4.247
<b>Suroccidental</b>	2.023	1.436	1.558	1.514	1.963
<b>Total Nacional</b>	<b>3.073</b>	<b>3.143</b>	<b>3.377</b>	<b>2.869</b>	<b>3.773</b>

**Tabla 1. Rendimientos por zona del aceite de palma en Colombia (Toneladas/Hectárea)**

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de Fedepalma

El rendimiento por hectárea tuvo un crecimiento del 31.5% en el año 2017, opuesto a lo evidenciado en 2016, cuando los rendimientos decrecieron 15.04%, lo cual se explica por los fenómenos naturales vividos en el país para ese año. No obstante, se observa que los rendimientos han crecido desde el 2013, exceptuando el dato atípico de 2016. La evolución anual de los rendimientos se evidencia en la ilustración 11.



**Ilustración 11. Evolución de los rendimientos de aceite de palma en Colombia**

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de Fedepalma

El aumento significativo fue en gran parte responsabilidad de los buenos comportamientos climáticos, lo cual condujo a una mejora en el fruto del aceite de palma; sin embargo, el factor clave del aumento en los rendimientos de aceite de palma, fue el cambio de etapa en las áreas cultivadas, las que se encontraban en desarrollo para 2016, pasaron a producción en 2017 lo que llevó al aumento histórico en la producción de aceite de palma lo cual se refleja en los buenos rendimientos por hectárea en 2017 (Fedepalma, 2018).

### ***3.1.2.3 Empleos generados en la producción de biodiesel***

Producir biodiesel genera nuevos empleos en zonas rurales y urbanas. La creación de nuevos puestos de trabajo es un punto importante en la política de biocombustibles,

donde se han generado beneficios para la sociedad, a través de empleos directos e indirectos (Fedebiocombustibles, 2013).

Los empleos en el sector palmero son inferiores respecto a otros cultivos como el banano y el cacao, sin embargo, es importante tener en cuenta que los cultivos de palma, en su mayoría, están en zonas que anteriormente eran usadas para ganadería extensiva y con una baja relación empleo/área sembrada, por lo tanto, sembrar palma para producir biodiesel y atender la demanda resulta beneficioso en términos de empleo (García & Calderón, 2012).

De acuerdo con Fedebiocombustibles, la industria del biodiesel ha generado cerca de 25,000 empleos directos y 50,000 indirectos, distribuidos proporcionalmente entre la parte agrícola (cultivo de palma) e industrial (plantas de procesamiento de biodiesel) con un 90% y 10% respectivamente. Fedesarrollo por su parte adhiere que los empleos generados por planta ascienden a 60 trabajadores.

Planta	Capacidad (Tn/Año)	Área sembrada Ha)	Empleos directos	Empleos indirectos
Oleocombustibles	60,000	17,544	2,506	5,013
Biocombustibles sostenibles del Caribe	100,000	29,240	4,177	8,354
Odin Energy	36,000	10,526	1,504	3,008
Ecodiesel de Colombia	120,000	36,810	5,259	10,517
BioD	120,000	36,810	5,259	10,517
Aceites Manuelita	120,000	36,810	5,259	10,517
Biocastilla	15,000	4,601	657	1,315
<b>Total</b>	<b>571,000</b>	<b>172,341</b>	<b>24,621</b>	<b>49,241</b>

**Tabla 2. Empleos generados en la industria del biodiesel en Colombia por planta de producción a 2013**

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de Fedebiocombustibles

Una comparación de calidad de vida de trabajadores de diferentes sectores, encontró que el sector palmero provee empleos de mejor calidad, con mayores ingresos y

formalidad superior que generan una mayor calidad de vida (García & Calderón, 2012).

### **3.1.3 Uso de suelos y seguridad alimentaria**

Para determinar la conveniencia de producir biodiesel en Colombia, pensando en el desarrollo sostenible, es importante, además de analizar los aspectos económicos y sociales, analizar los aspectos ambientales. De acuerdo con García & Calderón (2012), el impacto puede ser mayor dependiendo de las actividades agropecuarias que se reemplacen para la siembra de palma de aceite.

Si los cultivos que son productivos, son desplazados por cultivos para la producción de biocombustibles, los efectos negativos derivados por el cambio en el uso de suelo, pueden llegar a tener externalidades negativas, disminuyendo oferta y aumentando precios de los alimentos (García & Calderón, 2012).

Según Fedebiocombustibles, en Colombia se utilizan tierras que no están dedicadas a la producción de alimentos, sino que son áreas que se usualmente son utilizadas para la ganadería extensiva, evitando así, que la seguridad alimentaria se vea amenazada por el crecimiento de la demanda de biocombustibles.

Es importante mencionar que en Colombia existe un problema en la distribución y utilización de tierras; es decir, en el uso adecuado de los suelos (García & Calderón, 2012). Existen áreas que son subutilizadas, que bien podrían ser muy productivas y se usan para la ganadería extensiva; por lo tanto, cabe la posibilidad que esas tierras sean reemplazadas por el cultivo de palma de aceite y no por otro tipo de cultivos con mayor aprovechamiento agrícola.

Los cambios generados en el uso de suelo a partir del cultivo de palma de aceite en Colombia, sustenta el concepto de Fedebiocombustibles, donde la mayoría de nuevos cultivos de palma de aceite eran precedidos por pasturas de ganadería extensiva. Por lo anterior, entre el 2002 y 2008 los nuevos cultivos de palma de aceite reemplazaron a pasturas extensivas en un 51%, tierras agrícolas en 14% y el 13.5% reemplazó bosques o vegetación natural (García & Calderón, 2012).

De acuerdo con la UPRA (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria), en Colombia hay áreas que se clasifican de acuerdo con unos criterios técnicos, ambientales y legales, para determinar si un terreno es apto para el cultivo de palma de aceite, tal como se observa en la Ilustración 12.



**Ilustración 12. Frontera agrícola en Colombia para el aceite de palma**  
**Fuente:** Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

Según los datos de la UPRA, los cultivos de aceite de palma tienen 16,005,171 hectáreas para su desarrollo, un 14% del total disponible, si se tiene en cuenta la

extensión de terreno con aptitud alta y media para el cultivo y producción de aceite de palma. Es posible decir que hay una gran extensión de tierra disponible para el cultivo de aceite de palma sin llegar a afectar la seguridad alimentaria, reemplazando tierras menos productivas.

Es importante tener en cuenta que en Colombia, de acuerdo con las cifras de la UPRA, el 85.1% de las hectáreas no son aptas para el cultivo de aceite de palma, o bien tienen algún tipo de exclusión legal por la preservación del medio ambiente; por ende, las hectáreas disponibles deben ser bien aprovechadas y los productores agrícolas de aceite de palma, deben aumentar su producción sin amenazar la seguridad alimentaria por el uso de suelo, haciendo que los rendimientos por hectárea se incrementen y el aprovechamiento sea mayor al actual.

### **3.2 Discusión de Resultados**

Los resultados obtenidos para ver la conveniencia de producir biodiesel en Colombia, bajo el concepto del desarrollo sostenible, evidencian en primer lugar, que en Colombia el mercado de biodiesel ha tenido grandes logros; sin embargo, presenta retos que debe superar para que el mercado sea más dinámico.

El mercado de oferta y demanda de biodiesel en Colombia tiene algunos puntos relevantes. En primer lugar, Colombia es el cuarto país del mundo en producción de aceite de palma y el primero en Latinoamérica. Dicho esto, al tener materia prima suficiente y una infraestructura organizada de acuerdo con Fedebiocombustibles, permite que la oferta de biodiesel genere excedentes en el mercado colombiano y surge la oportunidad de exportar materia prima como se observó en los resultados de la investigación.

Por lo anterior, debido a que la capacidad instalada es mayor en términos de producción y la demanda, es menor a lo que se produce en el país según las cifras de Fedebiocombustibles. Adicionalmente, Fedepalma y Fedebiocombustibles proyectan que la producción puede aumentar, si las condiciones se mantienen y la parte industrial, junto con la agrícola, realizan mejoras técnicas para un mayor aprovechamiento, lo cual generaría mayores rendimientos por hectárea (Fedepalma, 2016).

Por otro lado, están los aspectos socioeconómicos y de acuerdo con los datos encontrados, se observó que el mercado del biodiesel en Colombia genera dinamismo para en el mercado laboral, basado en que los estudios realizados por Fedesarrollo evidencian generación de empleo de cerca de 75,000 puestos, 25,000 aproximadamente son directos y los 50,000 restantes de tipo indirecto.

Adicionalmente, se observó que los trabajadores del sector palmero, tienen mejor calidad de vida respecto a otros sectores agrícolas, esto conlleva a que los sectores rurales tengan ingresos y puedan generar consumo, que a su vez dinamiza la economía de los territorios rurales.

En términos de producción y rendimientos, se observó el potencial de Colombia en el aceite de palma, observando el crecimiento anual en sus áreas sembradas y mejorando los rendimientos por hectárea en cada una de las zonas del país. El crecimiento del 2016 al 2017, es representativo para el sector y evidencia que la materia prima puede aumentar su producción exponencialmente, lo cual genera más oferta en el mercado que se traduce en beneficios económicos para el sector, dado que se cubre la demanda y se exporta excedentes.

Los resultados en rendimientos por hectárea, muestra que el sector palmero ha implementado procesos más eficientes, según lo evidencian los resultados en cada

una de las zonas cultivadas del país, donde anualmente los rendimientos crecen sustancialmente.

Respecto al uso de suelos y luego de analizar la parte socioeconómica, se observó los datos en el tema ambiental, los cuales son de suma importancia y es relevante para determinar la conveniencia de producir biodiesel en Colombia, basado en la afectación a la seguridad alimentaria derivado del uso de suelos.

Los resultados que provienen del estudio de Fedesarrollo y apoyados en Fedebiocombustibles, determinan que la seguridad alimentaria no se va a ver afectada siempre y cuando los cultivos que reemplace la palma de aceite sean menos productivos y provengan especialmente de pasturas dedicadas a la ganadería extensiva, para evitar que la oferta de alimentos se reduzca y genere un aumento en los precios, lo cual sería un costo social y económico de gran afectación.

## **4. Capítulo IV**

### **4.1 Conclusiones**

El mercado de oferta y demanda de biodiesel en Colombia tiene algunos puntos relevantes. En primer lugar, Colombia es el cuarto país del mundo en producción de aceite de palma y el primero en Latinoamérica. Dicho esto, al tener materia prima suficiente y una infraestructura organizada de acuerdo con Fedebiocombustibles, permite que la oferta de biodiesel genere excedentes en el mercado colombiano y surge la oportunidad de exportar materia prima.

El uso de Biodiésel contribuye con el calentamiento global, por la reducción de partículas contaminantes en el aire, con base en que contiene oxígeno en su composición. Por lo tanto, aportan al desarrollo sostenible del país, impactando la

calidad de vida de todos los individuos. Además, en el proceso de mezcla no existen indicios de efectos en las fuentes hídricas. Por lo cual, el único riesgo posible podría darse en el acopio de residuos sólidos, por los cuales se planteó los reglamentos de calidad ambiental (Maheswaran, 1984).

Añadiendo un componente socioeconómico en las zonas rurales donde se encuentran los cultivos de palma, los trabajadores del sector palmero tienen mejor calidad de vida respecto a otros sectores agrícolas, esto conlleva a que los sectores rurales tengan ingresos y puedan generar consumo, que a su vez dinamiza la economía de los territorios rurales.

Luego de evaluar cada uno de los resultados que dan cumplimiento a los objetivos de la investigación, es posible decir que en Colombia es conveniente producir biodiesel pensando en el desarrollo sostenible, basados en su política interna, la cual es base fundamental para la producción del biodiesel. Dicha producción de biodiesel es en términos económicos y sociales positiva, por el potencial en el cultivo de la materia prima del biocombustible, potencial que se traduce en nuevos empleos y mejor calidad de vida.

Producir bajo el concepto del desarrollo sostenible implica grandes retos. En Colombia, el uso de suelos para el aceite de palma tiene como premisa sustituir tierras menos productivas, evaluando los territorios disponibles según sus condiciones y caracterizándolos en diferentes niveles de aptitud para su cultivo. Esto permite que no se vea amenazada la seguridad alimentaria y la producción de biodiesel sea complementaria en términos económicos sociales y ambientales, lo cual infiere que producir biodiesel bajo las condiciones actuales en el país, es conveniente bajo el concepto del desarrollo sostenible, sustentado en los datos y resultados evaluados en la presente investigación.

## 5. Bibliografía

- AES Colombia. (2015) La Realidad de los Precios de los Combustibles en Colombia, Medellín, Colombia
- Acosta, A. (2011) El Reto de Los Biocombustibles, Cali, Colombia.
- Bueno. (2011) Oportunidades y Amenazas de los Biocombustibles en Colombia. Bogotá D.C., Colombia.
- César, A. da S., & Batalha, M. O. (2013). Brazilian biodiesel: The case of the palm's social projects. *Energy Policy*, 56, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.014>
- Congreso de la República de Colombia. (2004) Análisis comparado sobre la evolución del consumo de combustible biodiesel a nivel mundial, Bogotá D.C., Colombia.
- Corley, R. H. V. and P. B. Tinker (2007). The Origin and Development of the Oil Palm Industry, Blackwell Science Ltd.
- De Bhowmick, G., Sarmah, A. K., & Sen, R. (2019). Zero-waste algal biorefinery for bioenergy and biochar: A green leap towards achieving energy and environmental sustainability. *Science of The Total Environment*, 650, 2467–2482. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.002>
- Fedepalma (2006). The Oil Palm Agroindustry in Colombia. Bogotá D.C, Colombia.
- Fedepalma (2009). Anuario estadístico 2009 - la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo. Bogotá D.C, Colombia.
- Fedepalma. (2016). *Entorno económico y desempeño del sector palmero en 2016 y perspectivas 2017*. 1–67.
- Fedepalma. (2018). *Producción mensual de aceite de palma crudo*. 1–12. Retrieved from [http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BET\\_MARZO\\_2018\\_baja calidad.pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/BET_MARZO_2018_baja%20calidad.pdf)
- Fedecombustibles (2011) Mitos y Realidades de los Biocombustibles en Colombia.

Bogotá D.C., Colombia.

García, H., & Calderón, L. (2012). Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia. *Evaluación de La Política de Biocombustibles En Colombia*, 146. Retrieved from <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Evaluaci?n-de-la-pol?tica-de-Biocombustibles-en-Colombia.pdf>

García y Otro (2012) Evaluación de la Política de Biocombustibles en Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

Ibarra, Danny (2017). Modelado para la evaluación de sostenibilidad en la cadena de suministro de bioetanol. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Manizales, Colombia.

Kalmanovitz, Salomón (1982). El desarrollo de la agricultura en Colombia. Editorial Valencia editores, Bogotá D.C, Colombia

Ma, F., & Hanna, M. A. (2003). Biodiesel production: a review1Journal Series #12109, Agricultural Research Division, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska–Lincoln.1. *Bioresource Technology*, 70(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(99)00025-5)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008) Evaluación Ambiental Estratégica de Políticas, Planes y Programas de Biocombustibles en Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008) Lineamientos y Recomendaciones para el Programa de Medio Ambiente del Sector Palmero en Colombia en el Marco de las Evaluaciones Ambientales Estratégicas Según Metodología del Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Energías de Colombia. (2018) Boletín Estadístico de Minas y Energía 2018. Bogotá D.C., Colombia.

Nomanbhay, S., Hussein, R., & Ong, M. Y. (2018, April 3). Sustainability of biodiesel production in Malaysia by production of bio-oil from crude glycerol using microwave pyrolysis: A review. *Green Chemistry Letters and Reviews*, Vol. 11, pp. 135–157. <https://doi.org/10.1080/17518253.2018.1444795>

Sanchez. (2015) Evolución de los Biocombustibles en Colombia y su Incidencia Sobre el Precio de los Alimentos. Bogotá D.C., Colombia.

Selfa, T., Bain, C., Moreno, R., Eastmond, A., Sweitz, S., Bailey, C., ... Medeiros, R. (2015). Interrogating Social Sustainability in the Biofuels Sector in Latin America: Tensions Between Global Standards and Local Experiences in Mexico, Brazil, and Colombia. *Environmental Management*, 56(6), 1315–1329. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0535-8>

Serna y otros (2010), Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustible. *Journal of Technology Managment & Innovation* 2011, Volume 6, Issue 1

Upme. (2009) Biocombustibles en Colombia, Bogotá D.C, Colombia.

Upme. (2014) Costo Fiscal de Subsidios y Exenciones Tributarias al Consumo de Gasolina y ACPM. Bogotá D.C., Colombia.