



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
ENERGÍA – SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**ESTUDIO DEL BIODIÉSEL DE PALMA EN PAÍSES PRODUCTORES EN VÍAS DE  
DESARROLLO**

**MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:  
JUAN LUIS RAMÍREZ MOLINA**

**TUTORA  
DRA. ALEJANDRA CASTRO GONZÁLEZ, POSGRADO DE INGENIERÍA**

**CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO DE 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Pablo Álvarez Watkins  
Secretario: M.I. Augusto Sánchez Cifuentes  
Vocal: Dra. Alejandra Castro González  
1<sup>er</sup> Suplente: Dr. Héctor Miguel Aviña Jiménez  
2<sup>do</sup> Suplente: Dr. Sergio Quezada García

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Laboratorio de Producción y Utilización de Biocombustibles (LAEL) del Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Este trabajo se desarrolló bajo el proyecto SECITI 16/2016 “Planta de biodiésel para uso automotriz en la Ciudad de México”.

**TUTORA DE TESIS:**

DRA. ALEJANDRA CASTRO GONZÁLEZ

-----  
**FIRMA**

# Índice

	<b>Página</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>IV</b>
<b>Resumen</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Introducción</b>	<b>VI</b>
<b>Objetivo general</b>	<b>VII</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>VII</b>
<b>Capítulo 1. El biodiésel como combustible sustentable.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2. El aceite de palma como materia prima en la producción de biodiésel.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 3. El biodiésel de palma en el sureste de Asia.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1 La industria del biodiésel de palma en Malasia.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Desafíos económicos de la industria del biodiésel de palma en Malasia.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Políticas de biocombustibles en Malasia.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Cuestiones sociales y ambientales asociadas al biodiésel de palma en Malasia ....</b>	<b>10</b>
<b>3.4.1 El caso de Musim Mas .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.2 El problema de la deforestación en Malasia .....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 4. El biodiésel de palma en Latinoamérica.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 La industria del biodiésel de palma en Colombia.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Políticas de biocombustibles en Colombia .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 Cuestiones sociales y ambientales asociadas al biodiésel de palma en Colombia.</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Implicaciones del biodiésel de palma en la seguridad alimentaria Colombiana ..</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 5. Resumen de resultados .....</b>	<b>25</b>
<b>Capítulo 6. Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	<b>Comparación de rendimiento de las principales semillas oleaginosas .....</b>	<b>3</b>
<b>Figura 3.1</b>	<b>Gráfica comparativa entre producción y consumo de biodiésel en Malasia .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3.2</b>	<b>Gráfica comparativa entre importaciones y exportaciones de biodiésel en Malasia .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3.3</b>	<b>Principales países productores de aceite de palma en 2016 ...</b>	<b>7</b>
<b>Figura 3.4</b>	<b>Principales países importadores de aceite de palma en 2016.</b>	<b>8</b>
<b>Figura 3.5</b>	<b>Fluctuación del precio del aceite de palma en Malasia de 1997 a 2018 .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4.1</b>	<b>Gráfica comparativa entre producción de aceite de palma crudo y ventas de aceite de palma para biodiésel en Colombia .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4.2</b>	<b>Gráfica comparativa entre producción y ventas de biodiésel en Colombia .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4.3</b>	<b>Uso de la tierra en Colombia para el año 2012, incluyendo los cultivos actuales de palma aceitera.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 5.1</b>	<b>Gráfica comparativa entre la producción de biodiésel en Colombia y la de Malasia .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 5.2</b>	<b>Área sembrada por tipo de cultivo 2015 como porcentaje de la superficie total de Malasia.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 5.3</b>	<b>Área sembrada por tipo de cultivo en el año 2015 como porcentaje de la superficie total de Colombia .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	<b>Producción de los principales aceites vegetales en todo el mundo de 2012 a 2018 por tipo .....</b>	<b>1</b>
<b>Tabla 3.1</b>	<b>Estadísticas del biodiésel en Malasia .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabla 3.2</b>	<b>Principales destinos de exportación del biodiésel de palma de Malasia en 2016 .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 3.3</b>	<b>Políticas relevantes de biodiésel en el sector transporte de Malasia .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 4.1</b>	<b>Estadísticas del biodiésel de palma en Colombia .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 4.2</b>	<b>Comparativa de reglamentos nacionales y cumplimiento de ellos entre Malasia y Colombia en el periodo de 2010 a 2015.</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 4.3</b>	<b>Políticas relevantes de biodiésel en Colombia .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 5.1</b>	<b>Síntesis de datos e indicadores relevantes de la industria del biodiésel de palma en Malasia y Colombia.....</b>	<b>30</b>

## **RESUMEN**

Ante la preocupación mundial por el cambio climático, el biodiésel constituye una buena alternativa para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del uso de combustibles fósiles. La palma aceitera es la materia prima que destaca por sus ventajas competitivas, como su eficiencia en cuanto a productividad y utilización de la tierra, con un rendimiento de 4,752 litros/hectárea, el mayor de todos los cultivos oleaginosos. El presente trabajo proporciona un esbozo del panorama actual de la industria del biodiésel de palma en dos de los principales países productores, Colombia y Malasia, cuya producción anual ronda los 500,000,000 de litros. Se analizan las dimensiones de sustentabilidad energética de dicha industria en ambos países, buscando dilucidar cuál de los dos ha logrado un mayor progreso en términos generales. El estudio arroja que en los ámbitos económico y político, Colombia exhibe un mejor desempeño, pues en la última década ha triplicado su producción de biodiésel con sólo el 0.4% de su superficie territorial sembrada con palma aceitera, en tanto que Malasia ha duplicado su producción, pero empleando el 17.1% de su superficie para este cultivo. La producción de biodiésel colombiana ha superado a la malaya entre un 23% y 30% en los últimos tres años. Asimismo, ha mostrado una mayor eficacia en el cumplimiento de sus reglamentos de mezcla de biodiésel, ha implementado políticas más efectivas; y ha tenido mayor éxito en satisfacer las necesidades de consumo de biodiésel de su población. En las dimensiones social y ambiental, ambos países enfrentan impactos similares derivados del biodiésel de palma; aunque su magnitud difiere en cada caso. Es innegable que ambos países son potencia en esta industria, y ejemplos para otros países con recursos y condiciones económicas y sociales similares.

## **ABSTRACT**

Given the global concern about climate change, biodiesel is a good alternative to reduce greenhouse gas (GHG) emissions from fossil fuel use. Oil palm is the raw material that stands out for its competitive advantages, such as its efficiency in terms of productivity and land use, with a yield of 4,752 liters / hectare, the largest of all oil crops. The present work provides an outline of the current panorama of the palm biodiesel industry in two of the main producing countries, Colombia and Malaysia, whose annual production is around 500,000,000 liters. The dimensions of energy sustainability of this industry in both countries are analyzed, seeking to elucidate which of the two has achieved greater progress in general terms. The study shows that in the economic and political spheres, Colombia exhibits a better performance, since in the last decade it has tripled its biodiesel production with only 0.4% of its territorial area planted with oil palm, while Malaysia has doubled its production, but using 17.1% of its surface for this crop. Colombian biodiesel production has exceeded Malaysian between 23% and 30% in the last three years. It has also shown greater effectiveness in complying with its biodiesel blending mandates, has implemented more effective policies; and it has been more successful in satisfying the biodiesel consumption needs of its population. In the social and environmental dimensions, both countries face similar impacts derived from palm biodiesel; although its magnitude differs in each case. It is undeniable that both countries are a power in this industry, and examples for other countries with similar economic and social resources and conditions.

## INTRODUCCIÓN

Las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la combustión de combustibles fósiles y de los procesos industriales aumentaron de 35.3 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2013 a 37 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2017, lo que equivale a un aumento del 4.81%. Por razones como ésta, los países están fomentando la diversificación de las fuentes de energía al crear un conjunto de estrategias gubernamentales e incentivos para lograr una mayor utilización de la energía proveniente de fuentes renovables (Espinoza y col., 2017).

Para este propósito, muchas economías desarrolladas y en vías de desarrollo promueven el uso de biocombustibles debido a las preocupaciones ambientales y para garantizar la seguridad energética, lo cual se ha visto reflejado en un fuerte aumento en su producción o importaciones desde mediados de la década del año 2000. Los biocombustibles de primera generación, derivados de productos agrícolas, han venido experimentando un enorme crecimiento en su producción, acompañado por un aumento en el precio de las materias primas. Como resultado, el desarrollo de los biocombustibles ha generado externalidades y otros efectos adversos en la economía de los países emergentes que dependen en gran medida de los productos agrícolas que participan en el proceso de producción de biocombustibles (Gomes y col., 2018).

El uso del biodiésel es una de las alternativas más prometedoras para reemplazar a los combustibles diésel a base de petróleo. La creciente aceptación del biodiésel como una fuente renovable para reemplazar el diésel fósil se debe principalmente a las políticas ambientales para reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Entre las principales ventajas de usar biodiésel podemos encontrar (Abdullah y col., 2009):

- (1) Reduce la dependencia del petróleo crudo
- (2) Es un combustible renovable
- (4) Contribuye a la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)
- (6) Es biodegradable y no tóxico
- (7) Permite el uso de excedentes agrícolas; y
- (8) Su manejo es más seguro (mayor punto de inflamación que el combustible diésel convencional).

Considerando que varios tipos de aceite se utilizan como materia prima para la obtención de biodiésel, la palma aceitera, en particular la especie *Elaeis guineensis* o palma africana es la fuente vegetal con mejores ventajas competitivas para la producción de biodiésel, sobre todo en países tropicales (Fontalvo y col., 2014). El aceite de palma tiene un papel importante que desempeñar en el suministro de las futuras necesidades energéticas del mundo (Abdullah y col., 2009). Cuando se gestiona correctamente, la palma aceitera es uno de los mejores cultivos para proporcionar seguridad alimentaria, mejorar el nivel de vida de la población local y estimular el desarrollo económico de las naciones que la cultivan (Goh y col., 2017).

Aproximadamente el 35% de la producción total de aceite vegetal en todo el mundo proviene de la palma aceitera. La demanda de palma aceitera está aumentando considerablemente a medida que crece la población mundial, junto con el interés en la palma aceitera como posible materia prima para biocombustibles como el biodiésel. Por ello, es primordial la producción sostenible de palma aceitera (Khatun y col., 2017).

Por todo lo anterior, en el presente trabajo se pretende proporcionar un esbozo del panorama actual de la industria del biodiésel de palma en dos de los principales países productores, Colombia y Malasia, cuya producción anual ronda los 500,000,000 de litros. Por medio de la revisión bibliográfica de fuentes internacionales actualizadas como libros, tesis universitarias, manuales, páginas de internet, artículos de investigación de autores reconocidos internacionalmente en la materia; se analizan las dimensiones de sustentabilidad energética de dicha industria en ambos países, buscando dilucidar cuál de los dos ha logrado un mayor progreso en términos generales, así como qué condiciones son necesarias para que prospere la industria del biodiésel de palma en un país con una situación social y económica semejantes a los estudiados.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar mediante un estudio del biodiésel de palma en países productores en vías de desarrollo, comparando las distintas dimensiones de sustentabilidad energética del biodiésel de palma para la valoración de los avances y retrocesos obtenidos en las regiones estudiadas en los últimos años.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Esbozar el panorama actual de la industria del biodiésel de palma comparando las regiones estudiadas, en razón del notable desarrollo de su industria del biodiésel de palma.
- Establecer un balance del aprovechamiento de la industria del biodiésel de palma en un país de la región del Sureste de Asia y otro país de América del Sur, identificando los factores que han impulsado o retrasado el desarrollo de dicha industria en los últimos años.
- Identificar la región en la cual el biodiésel de palma presenta un mayor avance o retroceso en la actualidad, contrastando indicadores previamente seleccionados.



## Capítulo 1. El biodiésel como biocombustible sustentable

El biodiésel es un biocombustible que se produce a partir de diversas materias primas como lo son el aceite de colza, aceite de soya, aceite de palma y otras grasas vegetales y animales, siendo denominado el biocombustible generado como de primera generación. El biodiésel también se produce a partir de residuos agrícolas, desechos de madera, desechos sólidos municipales, cultivos energéticos y otras fuentes; en este caso el biocombustible se denomina de segunda generación. En la Tabla 1.1 se muestra la producción mundial reciente de los diferentes tipos de aceite con el que se produce biodiésel.

**Tabla 1.1 Producción de los principales aceites vegetales en todo el mundo de 2012 a 2018 por tipo (Statista, 2018)**

	Producción (millones de toneladas métricas)								
	Palma	Soya	Colza	Semilla de girasol	Palmiste	Maní	Semilla de algodón	Coco	Oliva
2012/13	56.38	43.1	25.69	12.9	6.72	5.47	5.22	3.62	2.5
2013/14	59.34	45.13	27.26	15.52	7.13	5.67	5.17	3.38	3.19
2014/15	61.64	49.06	27.63	14.91	7.39	5.54	5.13	3.37	2.54
2015/16	59.4	51.99	27.63	15.13	7.16	5.43	4.48	3.42	3.09
2016/17	62.32	53.94	28.16	17.82	7.32	5.86	4.41	3.38	2.55
2017/18	69.28	54.95	28.48	18.37	8.17	6.09	5.16	3.54	3.27
Aumento de 2012 a 2018 (%)	22.88	27.49	10.86	42.4	21.57	11.33	-1.14	-2.20	30.80

La producción global de biodiésel creció a una tasa anual del 28% en promedio entre 2005 y 2015, alcanzando un estimado de 35 mil millones de litros en 2016. Las políticas introducidas para expandir el uso de biodiésel en la UE, los EE. UU. y otras economías agrícolas importantes a mediados de la década de 2000 han proporcionado un fuerte impulso a los países con grandes sectores de cultivos oleaginosos para que desarrollen sus industrias de biodiésel de exportación (Solomon y col., 2015; Mukherjee y Sovacool, 2014). Este crecimiento coincidió en la producción de biodiésel con un fuerte aumento de los precios del petróleo crudo y del diésel, lo que reforzó la competitividad de la industria de este biocombustible. Los altos precios del petróleo también justificaron las políticas que apoyan el uso de biodiésel en varios países (Naylor y Higgins, 2017b). Asimismo, las políticas medioambientales en la UE y los Estados Unidos también han influido en los patrones de comercio de biodiésel y cultivos oleaginosos (Naylor y Higgins, 2017a).

A pesar de la volatilidad en los mercados de combustibles fósiles y una fuerte caída en el precio medio del petróleo crudo de USD \$ 96.29 por barril en 2014 a USD \$ 26.5 por barril en 2016, la producción de biodiésel ha continuado expandiéndose en los últimos años, lo que subraya el papel clave de las políticas. No obstante, las tendencias del mercado energético se han revertido desde 2014, puesto que la producción global de biodiésel ha seguido aumentando a pesar de una caída precipitada en los precios del petróleo crudo (Naylor y Higgins, 2017b).

Es de destacar que en los principales países productores de biodiésel, como Indonesia, Malasia, Colombia, Brasil y Estados Unidos, entre otros; se han introducido políticas y metas

cuantitativas para estimular las inversiones en la industria del biodiésel, que casi siempre se han combinado con otros incentivos para los productores, como son los créditos fiscales y los subsidios. Las políticas de biodiésel han apoyado indirectamente los mercados agrícolas nacionales de estos países al crear una demanda adicional de aceites vegetales y optimizar la utilización de coproductos. En teoría, el uso de reglamentos y metas cuantitativas del uso del biodiésel implican costos a los gobiernos para transferir a los consumidores y a los mercados de combustibles y alimentos. Sin embargo, todavía tienen un alto costo fiscal para la mayoría de los gobiernos, especialmente en países de África, como Ghana, Mozambique y Zambia; en donde se requieren inversiones públicas para desarrollar cadenas de suministro agrícola, como infraestructura portuaria, de transporte, procesamiento y refinación (Mitchell, 2010; Ewing y Msangi, 2009).

Desde 2010, los grandes productores de biodiésel del mundo como Indonesia, Malasia, Tailandia y Argentina, entre otros; no han logrado cumplir sus políticas u objetivos, y la mayoría está procesando el biodiésel muy por debajo de su capacidad. A grandes rasgos, las políticas de biodiésel puestas en marcha en estos países se han dirigido a los siguientes puntos (Naylor y Higgins, 2017b):

- (1) Asegurar el suministro de energía doméstica
- (2) Aumentar la proporción de combustibles renovables (no fósiles) en el uso general de energía
- (3) Reducir el impacto climático neto por el uso de energía
- (4) Reforzar la demanda y los precios de los aceites vegetales y el uso eficiente de los coproductos; y
- (5) Potenciar el desarrollo rural

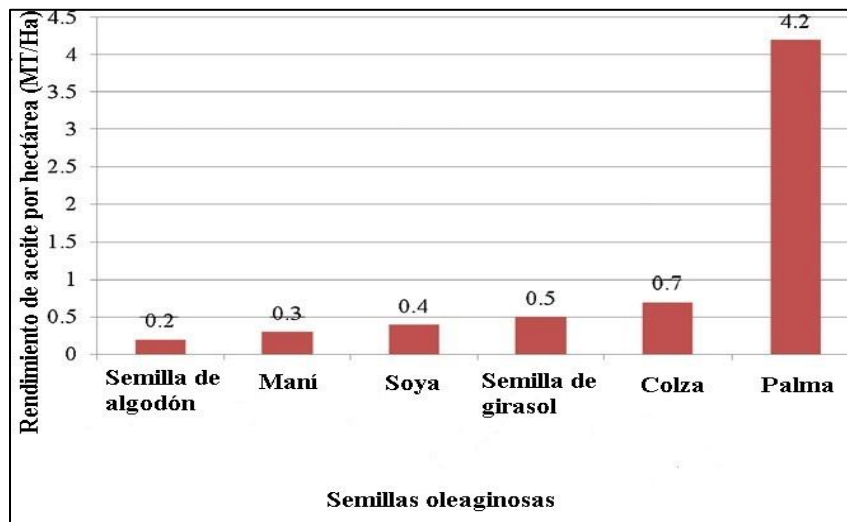
Los creadores de políticas en las grandes economías agrícolas típicamente tienen fuertes intereses en apoyar los ingresos agrícolas a lo largo de varias partes de la cadena de suministro agrícola. Como resultado, los cultivos oleaginosos sirven como materia prima principal en la mayoría de los países donde se promueve la producción y el uso de biodiésel, y el apoyo tiende a fortalecerse en períodos con precios relativamente bajos del aceite vegetal y altos precios del petróleo crudo (Byerlee y col., 2017).

El aumento en la producción de biodiésel en los países productores es el resultado de una intervención política explícita. Es poco probable que el incremento notable en la producción de biodiésel desde 2005 hubiera alcanzado una escala global sin la ayuda de políticas, metas, subsidios y exenciones de impuestos. Durante los últimos 15 años, los precios de los aceites vegetales rara vez han sido lo suficientemente bajos como para que el biodiésel se recupere con el diésel convencional en ausencia de subsidios. En aquellos casos en los que el biodiésel ha sido rentable en forma privada, giró principalmente en torno al aceite de palma crudo como materia prima, pero la combinación de precios bajos del aceite crudo de palma (ACP) y de los combustibles fósiles actualmente hace que la rentabilidad sea un objetivo difícil de lograr (Naylor y Higgins, 2017b).

## Capítulo 2. El aceite de palma como materia prima en la producción de biodiésel

La palma es un cultivo perenne, que tiene la mejor productividad de tierra y el mayor rendimiento de aceite por hectárea de todos los cultivos oleaginosos (Corley y Tinker, 2003), como se aprecia en la Figura 2.1. El aceite de palma es uno de los cultivos oleaginosos más eficientes en cuanto a la productividad y utilización de la tierra (Szulczyk y Rahman Khan, 2018).

La palma aceitera tiene muchos usos en varias categorías: aceite para cocinar, grasa para freír, margarina, grasa para confitería, helados, cremas no lácteas, aderezos para ensaladas, análogos de queso, chocolates, suplementos y vitaminas, productos para el cuidado personal, cosméticos, agroquímicos, lubricantes, jabones de tocador, tintas de impresión, polioles y poliuretano y finalmente, biocombustibles. Con el crecimiento de la población mundial (en su mayoría de clase media) y la creciente demanda energética de fuentes renovables, se ha visto que la demanda de aceite de palma se ha incrementado a tal punto de que la producción mundial de aceite de palma se ha duplicado cada 10 años en las últimas décadas (Khatun y col., 2017). Ejemplo de ello, es que la producción mundial de aceite de palma pasó de 45 millones de toneladas en 2009 a casi 70 millones de toneladas en 2018, y se espera que exceda los 85 millones de toneladas en 2024 (GIA, 2019).



**Figura 2.1 Comparación de rendimiento de las principales semillas oleaginosas (Roberts, 2006)**

La palma aceitera es un cultivo económicamente importante que garantiza la seguridad alimentaria. Recientemente, ha emergido como una fuente potencial de energía renovable, y hoy en día, el aceite de palma es el aceite vegetal más utilizado. La producción global de aceite de palma se ha duplicado cada 10 años en las últimas décadas. Para 2020, se espera que la producción alcance los 78 millones de toneladas, y que el aumento de la demanda conduzca a la expansión de las plantaciones de palma aceitera (Khatun y col., 2017). El aumento continuo de la demanda mundial de aceite de palma también es debido a precios

más bajos en comparación con los otros aceites y su diversa gama de usos para productos alimenticios y no alimenticios, como los descritos anteriormente (Silertruksa y col., 2017).

El desarrollo continuo de la palma aceitera está siendo impulsado por la demanda de biodiésel y por la búsqueda de los países subdesarrollados de desarrollarse económicamente y de adquirir mejores niveles de vida al aumentar la capacidad de las familias para cubrir sus necesidades básicas, promover el desarrollo rural mediante la creación de mercados locales y proporcionar oportunidades de empleo local. A pesar de esto, el uso de cultivos ha generado mucha controversia en relación con la pérdida de bosques tropicales, la biodiversidad y los derechos sobre la tierra (Goh y col., 2017).

En todo el mundo, alrededor del 53% de la tierra plantada con palma aceitera es propiedad de pequeños agricultores e instituciones gubernamentales. Sin embargo, las plantaciones más productivas y rentables son administradas por grandes compañías con las mejores prácticas de gestión agrícola; se desarrolla una infraestructura adecuada para gestionar, cosechar, procesar y exportar el producto; y se proporcionan servicios básicos como vivienda, agua, electricidad, escuelas, salud y facilidades recreativas con el fin atraer a los trabajadores y sus familias a las plantaciones. Por lo tanto, los países con una industria de palma aceitera exitosa, como Indonesia, Malasia, Tailandia, Colombia y Papua Nueva Guinea, tienen al menos el 30% de sus tierras de palma aceitera desarrolladas a gran escala e integrándose con esquemas de pequeños propietarios (Goh y col., 2017).

La especie *Elaeis guineensis* o palma africana es la fuente vegetal con un alto nivel de triglicéridos y con mejores ventajas competitivas para la producción de biodiésel en países tropicales como Colombia. Es una planta del trópico húmedo, que es la mejor opción para las tierras bajas de las regiones tropicales, y además ayuda a prevenir la erosión de los suelos. Requiere de suelos profundos y bien drenados, y crece en una amplia variedad de ellos. El clima propicio que requiere para su desarrollo debido a la temperatura y la humedad es el cálido-húmedo y cálido-subhúmedo. Necesita de grandes cantidades de agua, por lo que la precipitación pluvial idónea es de 1,800 mm durante todo el año (Fontalvo y col., 2014).

### Capítulo 3. El biodiésel de palma en el sureste de Asia

En el sureste de Asia la producción de biodiésel está aumentando drásticamente debido al enorme potencial de siembra y al factor de rendimiento de la palma. El clima tropical y la mano de obra barata de esta región son puntos beneficiosos para su cultivo. Sin embargo, sólo Malasia, Indonesia y Tailandia están obteniendo beneficios de producir biodiésel. Otros países del sureste asiático están muy rezagados en este sector debido a la falta de apoyo gubernamental y de infraestructura para la producción de biodiésel (Jayed y col., 2009).

En el sudeste asiático, inicialmente la palma aceitera se sembró como palma ornamental pero las primeras plantaciones comerciales comenzaron en 1911 a partir de cuatro semillas de África occidental plantadas en Bogor, Indonesia, en 1848. La política sobre la diversidad de cultivos en Malasia a fines de los años cincuenta, que más tarde fue emulada por Indonesia en la década de 1980, impulsó la expansión y modernización de la industria (Goh y col., 2017).

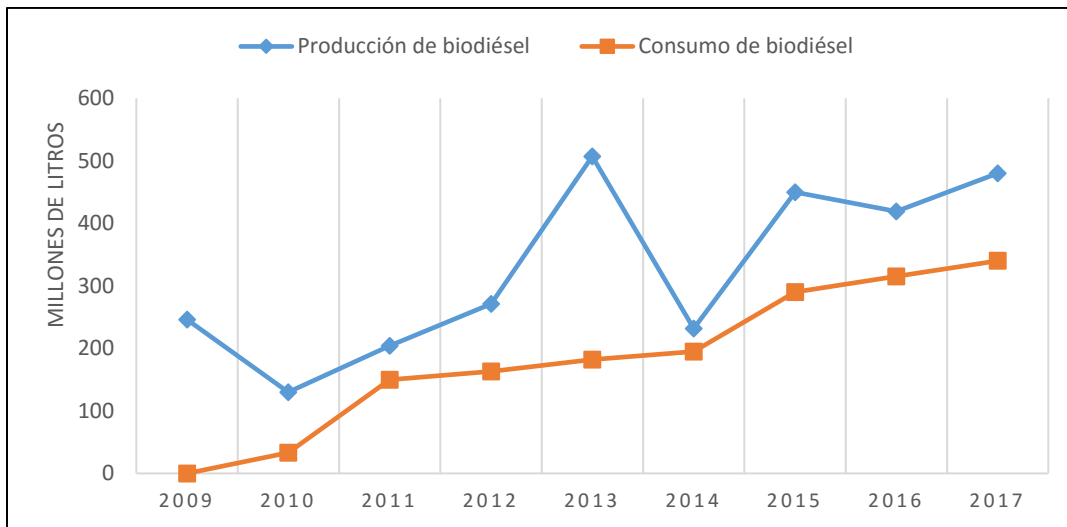
El problema ambiental más polémico que enfrenta la industria de la palma aceitera es la deforestación, ya que grandes extensiones de bosques tropicales se están convirtiendo en plantaciones. Actualmente, los bosques tropicales del sudeste asiático enfrentan una mayor tasa de deforestación que los bosques tropicales de otras regiones del mundo. La devastadora expansión de las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en las tierras bajas tropicales fue la principal causa de esta deforestación, y provocó la pérdida de biodiversidad y una gran contaminación del aire y del agua, debido al aumento de emisiones de carbono y nitrógeno, y a cambios físicos y químicos en el suelo (Khatun y col., 2017).

#### 3.1 La industria del biodiésel de palma en Malasia

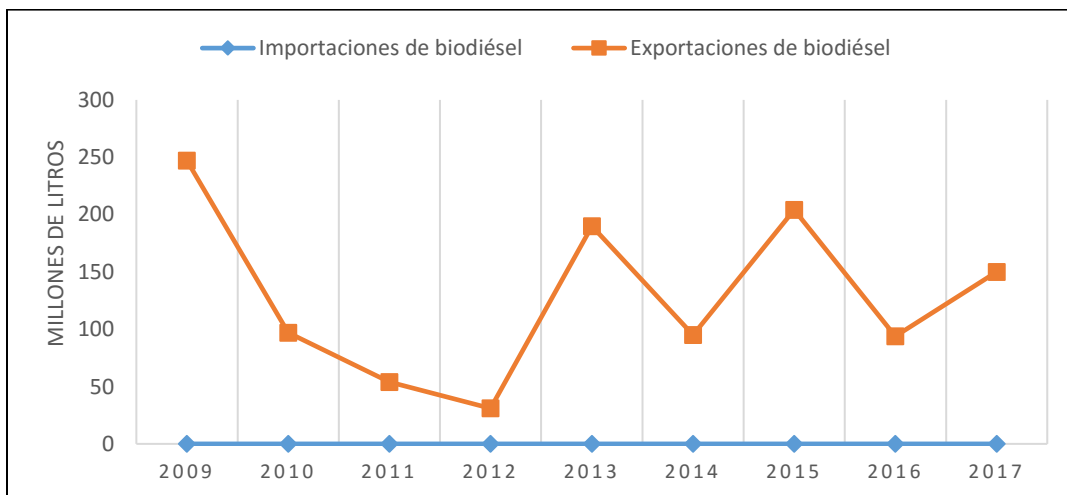
Malasia es uno de los países que más desarrollo tiene en la industria del biodiésel a partir del aceite de palma en la región del sureste de Asia. Es uno de los países con mayor producción del aceite de palma y biodiésel en el mundo, como puede apreciarse en las estadísticas de la Tabla 3.1 y en las Figuras 3.1 y 3.2.

**Tabla 3.1 Estadísticas del biodiésel en Malasia (Ghani Wahab, 2017; MESTECC, 2018)**

Indicador (millones de litros)	Año								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Producción	246	130	204	271	507	232	450	419	480
Consumo	0	33	150	163	182	195	290	315	340
Importaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exportaciones	247	97	54	31	190	95	204	94	150
Área sembrada de palma (Mha)	4.69	4.85	5.0	5.07	5.22	5.39	5.64	5.74	5.81
Número de biorefinerías	18	13	13	14	15	16	18	17	17



**Figura 3.1 Gráfica comparativa entre producción y consumo de biodiésel en Malasia (Ghani Wahab, 2017)**



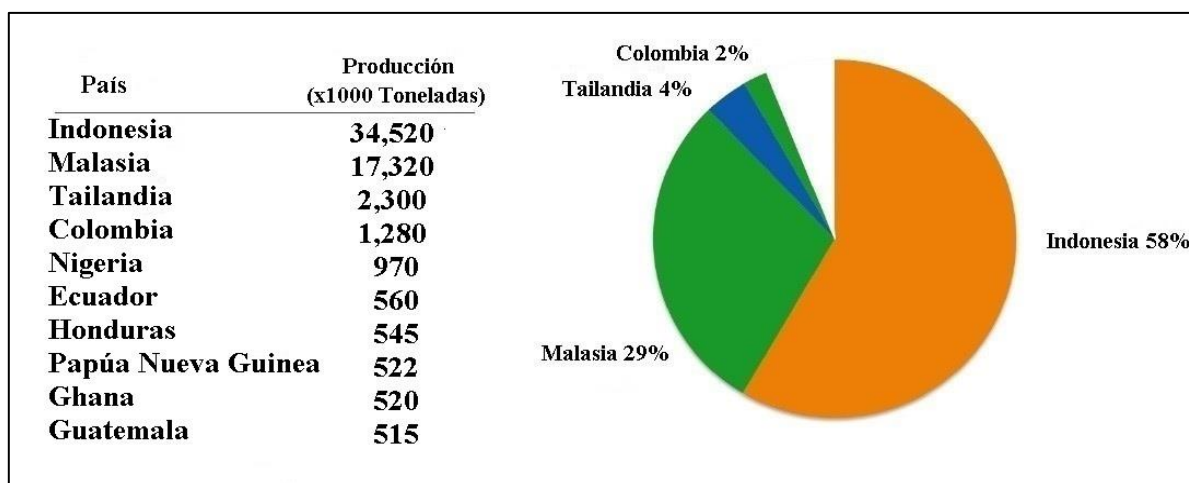
**Figura 3.2 Gráfica comparativa entre importaciones y exportaciones de biodiésel en Malasia (Ghani Wahab, 2017)**

Se observa que en la última década, la producción de biodiésel en Malasia ha sido siempre superior al consumo entre 19% y 180%. En cuestión de importaciones y exportaciones, la balanza comercial arroja un saldo positivo, pues en todos los años se ha presentado superávit. La drástica caída en las exportaciones de biodiésel percibida en 2016 se debió a la menor demanda de la Unión Europea, que consumió más biodiésel nacional producido a partir del aceite de soya, compensando así las importaciones de biodiésel de aceite de palma (Ghani Wahab, 2017).

En la actualidad, Malasia es el segundo productor mundial de aceite de palma después de Indonesia, como se observa en la Figura 3.3. Malasia exporta aceite a países como Estados Unidos, Singapur, Taiwán y países de la Unión Europea. El crecimiento de la industria del

aceite de palma en Malasia ha sido impresionante en los últimos 40 años. De sólo 400 ha sembradas en 1920, la superficie de cultivo aumentó progresivamente en 135 veces a 54,000 ha en 1960 (Abdullah y col., 2009), y a 5.39 millones de ha en 2014. Es decir, un aumento de 13,475 veces en el periodo de 1960 a 2014.

La palma de aceite ha suministrado alrededor del 10% del consumo total mundial de aceites y grasas (Abdul-Manan, 2017). En 2016, las plantaciones de palma aceitera aumentaron a 5.74 millones de hectáreas, mientras que de los molinos de aceite de palma se extrajeron 17.32 millones de toneladas de aceite de palma crudo (Szulczyk y Rahman Khan, 2018). Se espera que el predominio del aceite de palma continúe en el futuro dado que hay una cantidad cada vez mayor de tierra dedicada al cultivo de palma aceitera (Abdul-Manan, 2017).



**Figura 3.3 Principales países productores de aceite de palma en 2016 (Varga, 2017)**

El biodiésel proporciona grandes beneficios a Malasia: 1) Permite reducir su dependencia de los combustibles fósiles y 2) Mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Además, el gobierno de Malasia firmó el Acuerdo de París en 2016 y acordó reducir sus emisiones de GEI en un 45% para 2030 en comparación con sus emisiones de referencia en 2005. Por lo tanto, el biodiésel puede ayudar al gobierno a lograr reducir sus emisiones de GEI. Finalmente, la industria del biodiésel puede expandir el empleo en comunidades rurales (Szulczyk y Rahman Khan, 2018).

El principal destino de las exportaciones del aceite de palma de Malasia es la Unión Europea, que figura entre los principales importadores de aceite de palma a nivel mundial, como se aprecia en la Figura 3.4 Se ha estimado que en 2020 sólo el sector de transporte europeo consumirá entre 2.6 y 2.7 millones de toneladas de aceite de palma (Abdul-Manan, 2017).

Siendo, uno de los líderes mundiales en la producción de aceite de palma en el mundo, Malasia ha estado creando estrategias para el desarrollo del biodiésel a partir de la que resulta ser su mejor opción de materia prima: el aceite de palma. En los últimos años, casi todos los proyectos de biodiésel en Malasia se han centrado en el aceite de palma como materia prima (Mekhilef y col., 2011). La Unión Europea representa en el mercado de exportación ser la

más grande para el biodiésel de palma de Malasia, contabilizando el 83.47% de las exportaciones totales de biodiésel (Tabla 3.2).

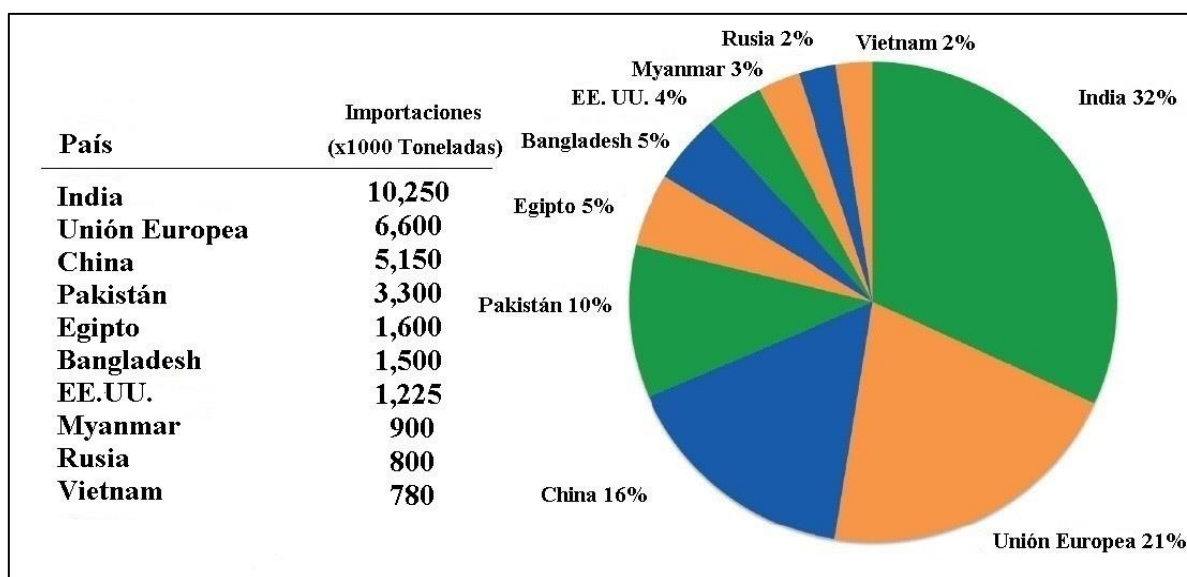


Figura 3.4 Principales países importadores de aceite de palma en 2016 (Varga, 2017)

Tabla 3.2 Principales destinos de exportación del biodiésel de palma de Malasia en 2016 (Ghani Wahab, 2017)

País destino	Cantidad de exportación (toneladas)	Porcentaje del total (%)
Unión Europea	69,766	83.47
Albania	10,002	11.96
República Popular China	2,586	3.09
Corea del Sur	604	0.72
Japón	426	0.50
Singapur	96	0.11
Estados unidos	80	0.09
India	21	0.02
Total	83,581	100

### 3.2 Desafíos económicos de la industria del biodiésel de palma en Malasia

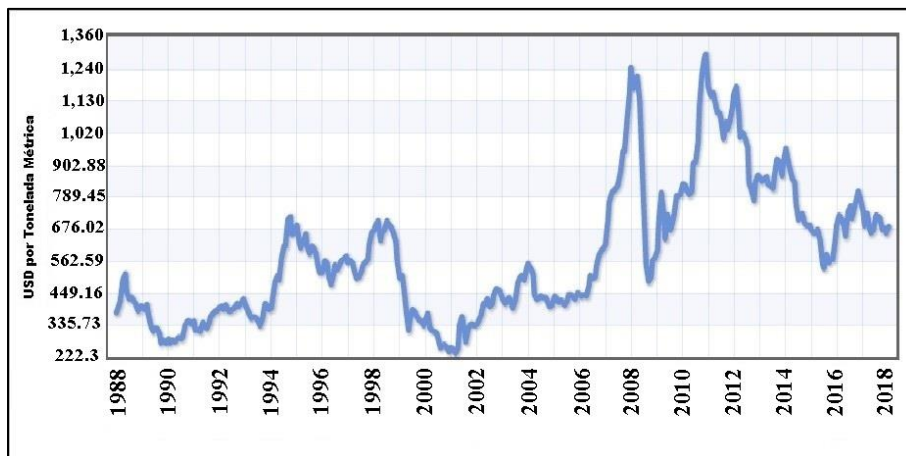
En años recientes, el precio del aceite de palma crudo ha aumentado rápidamente, como se observa en la Figura 3.5 Este hecho ha ocasionado un incremento del costo de producción del biodiésel en Malasia, ya que las plantas de biodiésel de este país dependen en gran medida del aceite de palma como materia prima. Dicho aumento de precios ha impulsado la industria



del aceite de palma a producir para negocios o industrias más rentables que el biodiésel, el cual tiene un costo de producción más alto en comparación con las ganancias (Mekhilef y col., 2011).

El crecimiento de la industria del biodiésel de Malasia está retrocediendo debido a la ineficacia de las políticas del gobierno, y objetivos poco realistas. Las compañías con licencia no son monitoreadas con frecuencia para asegurarse que los estándares y las políticas operativas propuestas se mantengan adecuadamente (Mekhilef y col., 2011). Ejemplos de estos estándares son el estándar de Malasia para el combustible diésel (MS 123-1:2014), las especificaciones estándar europeas para biodiésel (EN 14214) y las especificaciones estándar americanas para combustible biodiésel (B100) Stock de mezcla para combustibles destilados (ASTM 6751).

Como consecuencia de esto, Malasia ha comenzado la búsqueda para encontrar una materia prima alternativa que permita reducir la dependencia del aceite de palma para la producción de biodiésel. El reemplazo más indicado para este propósito es la especie *Jatropha Curcas Linn*, la materia prima más barata después del aceite de palma (Mekhilef y col., 2011).



**Figura 3.5 Fluctuación del precio del aceite de palma en Malasia de 1997 a 2018 (IndexMundi, 2018)**

### 3.3 Políticas de biocombustibles en Malasia

El aceite de palma ha sido la base fundadora de la política nacional de biocombustibles en Malasia (Mekhilef y col., 2011). El gobierno de Malasia anunció la introducción de la Política Nacional de Biocombustibles desde el 10 de agosto de 2005, conocida indistintamente como la Política Nacional de Biodiésel. Dicha Política prevé el uso de fuentes de energía ambientalmente amigables, sostenibles y viables para reducir la dependencia de los combustibles fósiles (Abdullah y col., 2009). La Política contemplaba el uso en transportes terrestres y marítimos de B5, el cual es un combustible constituido por una mezcla de diésel N° 2 y 5 % en volumen de biodiésel (B100). Esta política fue lanzada el 21 de marzo de 2006.

En 2007, el Parlamento aprobó la Ley de Industria de Biocombustibles, que consta de disposiciones para que el Ministerio de Industrias de Plantaciones y Productos Básicos

implemente un reglamento de mezcla de biodiésel (Ghani Wahab, 2017). En la Tabla 3.3 se sintetizan las políticas subsecuentes más relevantes implementadas en Malasia, en lo referente a la mezcla de biodiésel en el sector transporte.

Como puede observarse, el gobierno ha retrasado la implementación de sus políticas de biocombustibles debido a los altos precios de las materias primas. Sólo 10 de las 29 plantas de biodiésel establecidas en Malasia a mediados de la década del año 2000 estaban en funcionamiento en 2010 como resultado del precio relativamente alto del aceite crudo de palma (ACP). Malasia está luchando con un gran déficit presupuestario asociado con la disminución de los ingresos del petróleo. Según algunas estimaciones, los subsidios al biodiésel necesarios para alcanzar el uso de B10 costarían al gobierno USD \$260 millones anuales a los precios actuales del mercado. El costo social de usar B10 sería aún mayor, dado el historial de deforestación y disputas sobre la tenencia de la tierra en Malasia (Naylor y Higgins, 2017b).

El 25 de septiembre de 2010, se lanzó el Programa de Transformación Económica (PTE), que fue formulado como parte del Programa Nacional de Transformación de Malasia. El objetivo del programa fue elevar el país al estado de nación desarrollada para 2020, con un objetivo de Ingreso Nacional Bruto (INB) per cápita de USD \$ 15,000. Esto se logrará al atraer USD \$ 444 mil millones en inversiones que, a su vez, crearán 3.3 millones de nuevos empleos (Outsourcing Malaysia, 2018).

Los objetivos del PTE para 2020 se alcanzarán mediante la implementación de 12 Áreas Económicas Claves Nacionales (NKEA, por sus siglas en inglés), que representan sectores económicos que aportan significativamente al Ingreso Nacional Bruto (INB). El programa también se centra en elevar la competitividad de Malasia a través de la implementación de seis Iniciativas de Reforma Estratégica (IRE), que comprenden políticas para fortalecer el entorno comercial del país y garantizar que las empresas de Malasia sean competitivas a nivel mundial (Outsourcing Malaysia, 2018). Una de las empresas se refieren a la industria de la palma, por lo que se han asignado muchos fondos y esfuerzos públicos y privados para seguir desarrollando y expandiendo esta industria. El PTE tiene como objetivo reformar la cadena de valor del aceite de palma en Malasia, desde el cultivo de palma de aceite hasta los procesos posteriores. El programa de transformación, si se implementa con éxito, puede tener un impacto sustancial en los rendimientos de sostenibilidad del aceite de palma de Malasia. En particular, estos cambios permitirán un mayor nivel de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el biodiésel de palma de Malasia (Abdul-Manan, 2017).

### **3.4 Cuestiones sociales y ambientales asociadas al biodiésel de palma en Malasia**

La palma aceitera es un sector importante en la economía familiar de Malasia, ya que representa aproximadamente el 7% de las divisas y emplea a medio millón de personas directamente en las plantaciones y otros 400,000 trabajadores en actividades derivadas. Los combustibles fósiles también desempeñan un papel importante en la economía de Malasia, ya que la industria de la energía representa hasta el 20% del producto interno bruto total de la nación. Malasia es el segundo exportador de gas natural licuado del mundo, con exportaciones de alrededor de 34,990 millones de metros cúbicos de gas natural licuado en

2015 (CIA, 2015). Petronas es la compañía nacional de petróleo y gas que contribuye con hasta el 45% de todos los ingresos del gobierno (Naylor y Higgins, 2017b).

**Tabla 3.3 Políticas relevantes de biodiésel en el sector transporte de Malasia (Ghani Wahab, 2017)**

Mezcla	Fecha de lanzamiento planeada por el gobierno	Fecha real de lanzamiento	Descripción
B5	2008	1 de junio de 2011 en la región central (Negeri Sembilan y Selangor) 22 de julio de 2012 en la región sur (Malacca y Johore) 1 de octubre de 2013 en la región norte (Perak, Penang, Kedah y Perlis) 1 de febrero de 2014 en la costa este (Pahang y Kelantan) A fines de 2014 en toda la nación	Aunque el plan inicial era iniciar B5 en 2008, comenzó hasta el 1 de junio de 2011
B7	1 de enero de 2015	1 de enero de 2015	Con el crecimiento de las existencias de aceite crudo de palma (ACP) y la disminución de los precios, el Gobierno de Malasia fue presionado para aumentar aún más la cantidad de aceite crudo de palma (ACP) mezclado para biodiésel, lo cual llevó a este reglamento, en el cual aumentó drásticamente el consumo de materia prima utilizada de 204,000 toneladas en 2014 a 396,000 toneladas en 2015
B10	Antes del 1 de enero de 2017	1 de diciembre de 2018	La intención del Gobierno de Malasia (GOM) de eliminar el 7 % de la mezcla de biodiésel (B7), con una mezcla del 10% de biodiésel (B10) hasta el 1 de enero de 2017 se retrasó por falta de apoyo de subsidio al extender el reglamento y el alto precio de la materia prima en relación con los bajos precios del petróleo
B15	2020		Para promover el consumo interno de biodiésel, el Gobierno de Malasia lanzó el Undécimo Plan de Malasia (2016-2020) para tener un reglamento de transporte B15 para el 2020. Sin embargo, los fabricantes automotrices se mostraron escépticos sobre la implementación, ya que creían que el uso de éster metílico de palma más allá del 7% del índice de mezcla podría causar problemas al sistema de inyección del motor diésel

Por otro lado, la producción del biodiésel en Malasia podría provocar varios problemas para el país. Por ejemplo, las selvas tropicales vírgenes almacenan menos carbono por hectárea, a medida que los propietarios de las plantaciones convierten los bosques en plantaciones para generar biodiésel. Además, el biodiésel de palma aceitera desvía el aceite de palma del consumo humano y animal, lo que eleva los precios agrícolas, y reduce los ingresos por exportaciones. La expansión de las plantaciones de palma aceitera eleva los costos de fertilizantes y mano de obra, que aumentan a su vez los costos crecientes para todo el sector agrícola. Estos costos más altos elevan los precios, y ello alienta a los malayos a importar productos básicos extranjeros (Szulczyk y Rahman Khan, 2018).

En términos generales, en países productores tropicales del Sureste de Asia como Indonesia y Malasia, existen conflictos sociales y ambientales derivados del desarrollo y expansión de los cultivos energéticos, entre los que se encuentran los siguientes (Castiblanco y col., 2014):

i) Conflictos relacionados con los derechos laborales y las condiciones contractuales entre los pequeños agricultores, las empresas y el Estado. Los problemas en Indonesia y Malasia se crean mediante contratos de riesgo compartido entre agricultores y empresas. A menudo, el precio del producto depende de las fluctuaciones de los precios internacionales de los productos (aceite crudo de palma, soya o caña de azúcar), lo que genera incertidumbre sobre posibles beneficios a futuro para los pequeños productores.

Este tipo de conflictos también se presentan en países productores latinoamericanos, donde la subcontratación de trabajadores y actividades por parte de las empresas es una práctica general. Esto se logra a través de esquemas como el modelo cooperativo de trabajadores asociados y las alianzas productivas estratégicas. Estos dos modelos son frecuentes en la agroindustria de la palma aceitera en Colombia y han sido objeto de críticas debido a problemas de derechos laborales.

ii) Conflictos ambientales debidos a la contaminación y expansión de la frontera agrícola en ecosistemas estratégicos. Aproximadamente el 4.1% de la reciente expansión de la palma aceitera en Indonesia, Malasia y Papúa Nueva Guinea ha ocurrido a expensas de bosques naturales y el 32.4% de bosques secundarios.

En contraste, los estudios realizados en Brasil sobre caña de azúcar y en Colombia sobre la expansión de palma aceitera muestran que los cambios directos en el uso de la tierra (CDUT) tuvieron impactos menores en bosques, ya que la mayoría de las plantaciones utilizadas para biocombustibles han reemplazado pastizales. Sin embargo, los cambios indirectos en el uso de la tierra (CIUT) que se han producido por la expansión de las plantaciones a menudo también tienen un impacto importante en áreas de ecosistemas naturales y seminaturales en países tropicales (Castiblanco y col., 2014).

### **3.4.1 El caso de Musim Mas**

A principios de marzo de 2017, Greenpeace publicó un informe sobre Goodhope, una empresa con 15 concesiones forestales en Indonesia y 4 en Malasia para producir palma de aceite. El informe mostró que dicha empresa ha expandido sus plantaciones de palma aceitera sin autorización ni evaluación de impacto ambiental; talando zonas de bosque virgen y zonas clasificadas como bosques de turbera (algo prohibido por la ley forestal de Indonesia); y por

si fuera poco, ha incurrido en estas acciones sin consultar a las comunidades indígenas afectadas (Soto, 2017).

Greenpeace también ha evidenciado a Musim Mas, uno de los mayores comerciantes de aceite de palma de Indonesia. A pesar de que esta empresa forma parte desde 2015 de la iniciativa Compromiso de Indonesia para el Aceite de Palma (CIAP), formada por empresas comprometidas con medidas para detener la deforestación en sus concesiones y cadenas de suministro para lograr una producción sostenible de aceite de palma; se ha descubierto que comercializa junto con otras empresas aceite de palma procedente de Indofood Agri Resources Ltd; empresa que ha sido acusada de extender sus plantaciones de palma aceitera a zonas de bosque tropical de turbera, que son hábitat de especies amenazadas como el orangután, así como de emplear mano de obra infantil en sus plantaciones y pagar salarios de miseria (Soto, 2017).

### **3.4.2 El problema de la deforestación en Malasia**

Más allá de la dimensión económica, es muy importante remarcar que el biodiésel de palma tiene notables desventajas, y ha recibido fuertes críticas de algunas ONG y ambientalistas. Malasia es un país megadiverso. Los bosques primarios restantes del país son, biológicamente, algunos de los más ricos del planeta y albergan una serie de especies en peligro de extinción que incluyen elefantes de bosque, rinocerontes, orangutanes, tigres, monos y tapires. La industria del aceite de palma ha causado una destrucción significativa de la selva tropical y la pérdida de biodiversidad debido a la remoción de la tierra para fines agrícolas. En las últimas décadas, Malasia ha convertido grandes extensiones de selva tropical en plantaciones de aceite de palma (Abdullah y col., 2009). En el año 2014, el total de bosque perdido en Malasia asciende al 14.4 por ciento del área boscosa que había en el año 2000. La pérdida se traduce en 47,278 kilómetros cuadrados. La deforestación es un problema latente en Malasia (Butler, 2014).

La relación entre la expansión de cultivos para producir biodiésel y la pérdida de bosques en países tropicales es evidente en Malasia e Indonesia. Entre 1990 y 2005, aproximadamente el 59% de la expansión de la palma de aceite en Malasia y el 56% de las plantaciones de palma en Indonesia ocurrieron a expensas de los bosques naturales. En contraste, en un país como Brasil, la expansión de los cultivos de caña de azúcar para la producción de etanol no ha sido una causa directa de la deforestación en la región amazónica, debido a que la expansión se ha producido principalmente en las tierras de pastoreo. Sin embargo, la expansión de la caña de azúcar ha contribuido indirectamente a la deforestación al desplazar los pastos utilizados para el pastoreo hacia los estados del sudeste de la Amazonia. Un gran componente del impacto de la producción de biocombustibles también depende del tipo de uso del suelo que reemplaza (Castiblanco y col., 2013).

La industria del aceite de palma tiene implicaciones ambientales, tales como emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Ejemplo de ello, es que en el año 2014 se emitieron en Malasia un total de 56.025 Mt de CO<sub>2</sub> eq de CH<sub>4</sub>. Las emisiones del tratamiento y la descarga de aguas residuales industriales representaron alrededor del 28% de estas emisiones de CH<sub>4</sub>, es decir, 15.687 Mt de CO<sub>2</sub> eq. Y a su vez, más del 99% de las emisiones

provenientes del tratamiento y descarga de aguas residuales industriales provino del efluente del molino de aceite de palma (EMAP) (MESTECC, 2018). Realizando una comparación, la reducción de emisiones lograda en 2013 en Malasia por el uso de biodiésel de palma en la mezcla con diésel fue de sólo 0.71914 Mt de CO<sub>2</sub> eq. Esta cifra es muy inferior, pues representa sólo un 4.58% de la cantidad de emisiones provenientes del EMAP ya mencionadas.

La industria del aceite de palma también propicia la pérdida de biodiversidad y la extinción de animales, plantas y especies en el ecosistema forestal. Recientemente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), encontró que la destrucción de la selva tropical causada por las plantaciones de aceite de palma daña a más de 190 especies amenazadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, particularmente en Indonesia y Malasia (Carrington, 2018).

## **Capítulo 4. El biodiésel de palma en latinoamérica**

### **4.1 La industria del biodiésel de palma en Colombia**

En Colombia la producción industrial del biodiésel inició en el año 2008, optando por la utilización del aceite extraído de la palma africana como materia prima por los desarrollos alcanzados en este sector, y porque este cultivo oleaginoso como materia prima ofrecía las mejores posibilidades para la producción de biodiésel en el país (Fontalvo y col., 2014). Colombia es el tercer país con mayor producción de biodiésel en Latinoamérica y el cuarto país con mayor producción de aceite de palma en el mundo. En Colombia hay importantes inversiones financieras y una escala expansiva de las grandes propiedades de tierras requeridas por el cultivo de palma aceitera (Castiblanco y col., 2014). En el año 2014 los principales mercados de destino de las exportaciones de aceite de palma crudo fueron los países europeos con el 38.5 %, seguido por México (19.6 %), Brasil (8.7 %), Chile (5.5 %) y República Dominicana (4.6 %) (FEDEPALMA, 2015).

La producción colombiana de biodiésel se ha enfocado a partir del aceite extraído de la palma africana, dado a que en el país se tiene un enorme potencial de siembra de este cultivo. Aunque no dejan de utilizarse a menor escala otras materias primas, como la caña de azúcar y la yuca (Fontalvo y col., 2014). Según los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), aproximadamente el 50% del aceite de palma crudo producido en Colombia se utiliza para aplicaciones industriales, principalmente para la producción de biodiésel (Rincón y col., 2015).

El crecimiento del mercado emergente de biodiésel ofrece oportunidades para el desarrollo económico y social de países de economías emergentes como Colombia. Este país presenta las condiciones idóneas para desarrollar el mercado de biodiésel debido a sus condiciones geográficas y climáticas favorables para el cultivo de palma aceitera (Espinoza y col., 2017). En la Tabla 4.1 y en las Figuras 4.1 y 4.2 se desglosan las principales estadísticas del biodiésel de palma en Colombia. Se observa que en el año 2013, las ventas de biodiésel superaron a la producción en 2,372 toneladas, y a partir de ese año ha continuado esa tendencia. El consumo de biodiésel en Colombia depende completamente de la producción local para cumplir con el reglamento de biodiésel, que varía según la ubicación. Lo que realmente sostiene la producción de Colombia es su propia demanda interna.

### **4.2 Políticas de biocombustibles en Colombia**

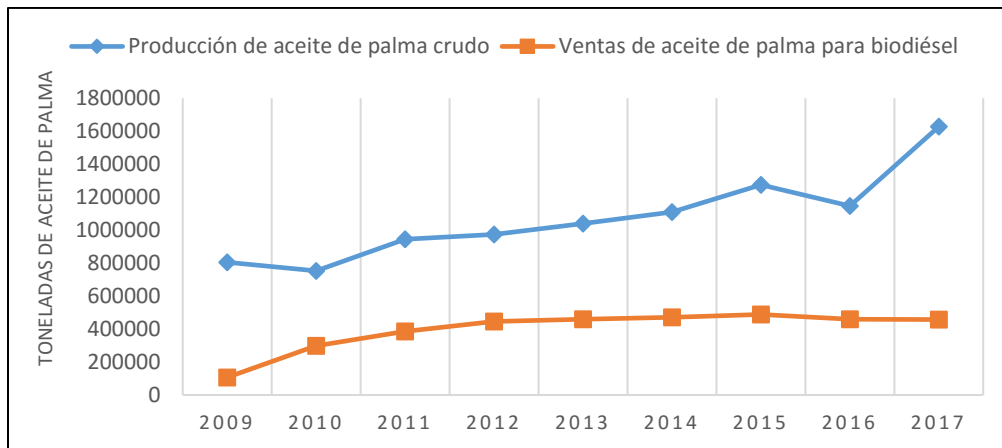
Colombia ha desarrollado leyes y políticas que definen el marco legal para el uso de biocombustibles con el objetivo de diversificar la producción agrícola, aumentar la seguridad energética y promover el empleo y el desarrollo regional, específicamente en áreas rurales. Según el gobierno colombiano, el crecimiento del mercado internacional de biocombustibles ofrece oportunidades para el desarrollo económico y social. Para fomentar la producción de biodiésel, el gobierno colombiano ha promovido leyes y un marco político en el que se establecieron exenciones fiscales y subsidios, así como reglamentos para mezclar diésel y biodiésel (Espinoza y col., 2017). La industria colombiana de biodiésel se ha desarrollado rápidamente como resultado de estas políticas, y hoy en día casi la mitad de su producción de aceite de palma se utiliza como combustible (Naylor y Higgins, 2017b).

**Tabla 4.1 Estadísticas del biodiésel de palma en Colombia (FedeBiocombustibles, 2018)**

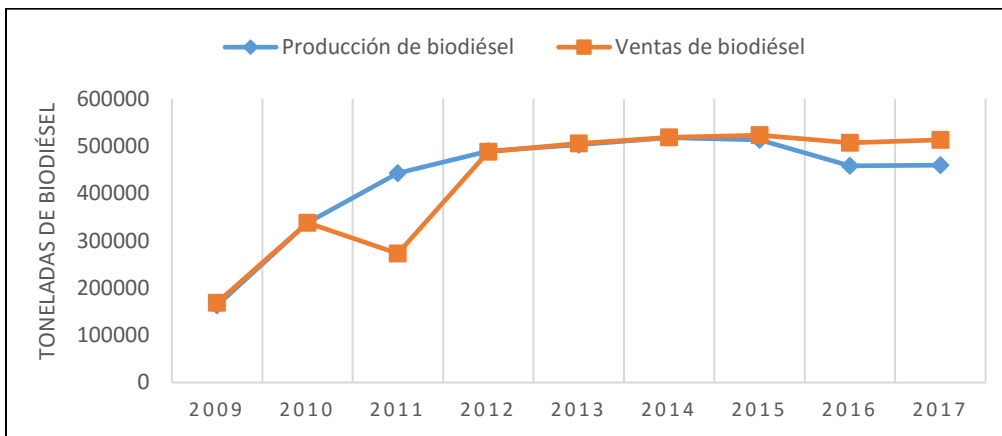
Indicador	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Producción de biodiésel (toneladas)	163,077	337,713	443,037	489,990	503,337	518,093	513,354	458,800	460,121
Producción de biodiésel (millones de litros)	185	384	503	557	572	589	583	530	590
Consumo de biodiésel (millones de litros)	180	385	502	556	575	584	585	528	589
Rendimiento promedio (toneladas de aceite de palma/ha)	3.41	3.00	3.54	3.25	3.07	3.14	3.38	2.87	3.78
Producción de aceite crudo de palma (toneladas) *	804,838	753,039	945,030	973,703	1,040,835	1,109,707	1,275,222	1,146,203	1,627,572
Hectáreas sembradas de palma en producción	235,914	250,663	266,922	299,953	338,693	353,566	377,662	399,048	430,884
Ventas de aceite de palma para biodiésel (toneladas)	107,024	298,221	385,100	445,476	458,772	470,934	488,627	458,800	458,422
Hectáreas sembradas de palma *	360,620	404,104	427,368	452,435	446,376	450,131	499,244	512,076	516,960
Hectáreas sembradas de palma en desarrollo	124,705	153,441	160,446	152,482	107,682	96,565	121,583	113,029	86,077
Rendimiento medio en campo (toneladas de fruto de palma/ha)	16.37	15.07	17.18	15.52	14.92	15.43	16.66	14.14	18.74
Ventas de biodiésel (toneladas)	169,065	337,718	273,170	488,187	505,709	518,745	523,403	506,990	513,336

\* Esta cifra corresponde al total nacional destinado a todos los productos y subproductos relacionados (biodiésel, aceite crudo, aceite refinado, etc.)





**Figura 4.1 Gráfica comparativa entre producción de aceite de palma crudo y ventas de aceite de palma para biodiésel en Colombia (Fedebiocombustibles, 2018)**



**Figura 4.2 Gráfica comparativa entre producción y ventas de biodiésel en Colombia (Fedebiocombustibles, 2018)**

Colombia es el cuarto productor de aceite de palma más grande del mundo y el país tiene el potencial de impulsar la producción de biodiésel para el mercado local (Espinoza y col., 2017). A diferencia de países como Indonesia, se ha acercado más a cumplir sus reglamentos y las plantas de biodiésel del país operan al 99% de su capacidad, y se están desarrollando varias nuevas. El reglamento de mezcla nacional de Colombia se establece en B10 y B8 para algunas áreas rurales remotas, y la industria operó en alrededor de B7.9 en 2015. El gobierno se ha comprometido a aumentar su reglamento de biodiésel a B20 (y luego a B30) a medida que la capacidad adicional comience a funcionar, pero este compromiso aún no se ha formalizado (Naylor y Higgins, 2017b). Para lograr sus compromisos de cambio climático en la Conferencia de Clima de París 2015 (COP21), Colombia aumentó el reglamento de mezcla de biodiésel de B8 a B9 en la región central del país (incluida Bogotá) en abril de 2017 (Rau y Gómez, 2017). En la Tabla 4.2 se puede apreciar y comparar el progreso que han logrado Colombia y Malasia en el cumplimiento de sus reglamentos de biodiésel en años recientes.

Colombia comenzó a promover un "nuevo paradigma energético" en 2001, y para 2004 el gobierno había establecido directrices de políticas para mezclas de biodiésel a base de aceite de palma en el combustible de transporte. El objetivo del gobierno de desarrollar el sector del aceite de palma se ha orientado en gran parte hacia la eliminación de la producción de coca, la insurgencia y la violencia en el campo. Los objetivos declarados públicamente de sus programas de expansión de aceite de palma y biodiésel son de promover el crecimiento y generar estabilidad del ingreso rural, expandir el empleo rural y diversificar su sector energético (Naylor y Higgins, 2017b).

Para aumentar la capacidad de producción de biocombustibles, se han establecido zonas libres de impuestos con beneficios para las inversiones en plantas de producción de etanol y biodiésel y se introdujeron reglamentos de mezcla para el periodo 2008-2020 (Castiblanco y col., 2015). El gobierno ha introducido una variedad de subsidios y otros incentivos en varios puntos a lo largo de la cadena de suministro, y programas de asociación financiera público-privada (Naylor y Higgins, 2017b). Asignó importantes recursos para financiar el cultivo de caña de azúcar y palma aceitera para la producción de biocombustibles, canalizados a través de instrumentos como el "incentivo de capitalización rural" (ICR), el Programa de Seguro de Ingresos Agrícolas, el Fondo de Estabilización de Precios para el Aceite de Palma (FEP) y el "Modelo Social Financiero" (MS-F) adaptado de Malasia (Castiblanco y col., 2015).

**Tabla 4.2 Comparativa de reglamentos nacionales y cumplimiento de ellos entre Malasia y Colombia en el periodo 2010 a 2015 (Naylor y col., 2017b).**

Año		Malasia <sup>a</sup>	Colombia <sup>b</sup>
2010	Reglamento	Ninguno	B5 y B7
	Tasa de mezcla	0	6%
2011	Reglamento	B5	B10 y B8
	Tasa de mezcla	0	7.4%
2012	Reglamento	B5	B10 y B8
	Tasa de mezcla	2.6%	7.7%
2013	Reglamento	B5	B10 y B8
	Tasa de mezcla	3.3%	7.6%
2014	Reglamento	B5	B10 y B8
	Tasa de mezcla	5%	7.4%
2015	Reglamento	B7	B10 y B8
	Tasa de mezcla	7%	7.9%

<sup>a</sup> Los reglamentos sobre el biodiésel de Malasia estaban destinados a iniciarse en 2008, pero se retrasaron hasta 2011.

<sup>b</sup> Los reglamentos de Colombia difieren por región, pero el reglamento más alto cubre al 85% de la población.

El creciente mercado nacional e internacional de biocombustibles ha suscitado mucho interés en la producción de biodiésel en Colombia, en vista de que el gobierno tiene el ambicioso objetivo de aumentar su reglamento de biodiésel a B20. Para el año 2010, la mayoría de las regiones del país habían implementado la combinación obligatoria de 7% en volumen, inferior a lo inicialmente previsto del 10%; este aumento en el consumo interno de biodiésel de palma aceitera ha reducido las exportaciones de aceite de palma. Para cumplir con la meta nacional del 20%, se necesitan 600,000 hectáreas adicionales de palma aceitera, para lo cual el gobierno ha implementado un programa de subsidios diseñado para promover la expansión de plantaciones de palma aceitera en varias zonas del país. El Ministerio de Agricultura estableció un objetivo de 3 millones de hectáreas para la industria de la palma aceitera. Para lograr estos objetivos, el gobierno diseñó las herramientas políticas mencionadas anteriormente, que reducen el riesgo y la incertidumbre de los precios tanto de las materias primas como de los insumos energéticos (Castiblanco y col., 2013).

Cabe mencionar, que en Colombia ha habido muchos cuestionamientos sobre si todas estas políticas promocionales y de subsidios están realmente dirigidas a todos los eslabones en la cadena de producción. Aparentemente, los estudios sobre la asistencia y los subsidios a la capitalización rural tienden a demostrar que los principales beneficiarios son en su mayoría los propietarios y no necesariamente los productores directos, que inicialmente buscaron ayuda (Castiblanco y col., 2015). En la Tabla 4.3 se sintetizan las políticas de biodiésel más relevantes implementadas en Colombia.

Las políticas de biodiésel de Colombia generan grandes costos sociales en forma de gastos fiscales, ingresos por exportaciones perdidos y reducciones de saldos en divisas. Durante gran parte de la historia reciente de los biocombustibles, el aceite de palma se vendió a un precio más alto que el biodiésel en los mercados internacionales, lo que se hace ventajoso para Colombia vender aceite de palma en el mercado en lugar de convertirlo en biodiésel. Para eliminar la desventaja de su industria nacional de biocombustibles, el gobierno estableció un precio de piso para el biodiésel, fijado al precio de exportación (LAB) del aceite de palma. Esta medida garantiza que los rendimientos de la producción nacional de biodiésel sigan siendo iguales o más altos que los retornos de las exportaciones de aceite de palma. El gobierno ha podido mantener esta política al restringir el comercio. Como incentivo adicional para el desarrollo de biodiésel nacional, la industria está exenta de impuestos sobre la renta y el IVA. Colombia pone impuestos al consumo de combustible de transporte en todas las tecnologías de combustible, pero el biodiésel está exento (Naylor y Higgins, 2017b).

Estas políticas se justificaban más fácilmente cuando los precios del petróleo crudo eran altos y cuando las tendencias en los precios reales del petróleo crudo y del ACP eran divergentes. Con el reciente colapso de los precios del petróleo crudo, las políticas de biodiésel de Colombia serán cada vez más costosas para la cuenta fiscal del gobierno. Colombia es un exportador importante de petróleo crudo, y la caída en los precios del petróleo ya está afectando su economía. Sobre la base de las condiciones actuales, es poco probable que el país aumente su reglamento B20 para 2020 (Naylor y Higgins, 2017b).

**Tabla 4.3 Políticas relevantes de biodiésel en Colombia (Rau y Gómez, 2017)**

Nombre	Año de lanzamiento	Descripción	Referencia
Ley 693	2001	Establece plazos y requisitos para mezclas de combustibles oxigenados que se consumen en ciudades de más de 500,000 habitantes.	Castiblanco y col., 2015
Ley 939	2004	Definió las pautas generales para mezclas de combustible diésel con combustibles vegetales, especialmente aceite de palma. Apoya la creación del mercado de biodiésel, estableciendo lo siguiente: a) Biocombustibles de origen animal o de cultivos, para uso en motores diésel, de producción nacional destinados a mezclar con combustible diésel estarán exentos del impuesto global al Aceite Combustible Para Motores (ACPM). b) El biodiésel no pagará impuestos por el diésel (25% del precio minorista).	Castiblanco y col., 2015 Espinoza y col., 2017
Ley 2629	2007	Establece que las mezclas B10 deben implementarse desde 2010 y B20 desde 2012. Sin embargo, estos objetivos de mezcla no se alcanzaron en estos años. El Departamento Nacional de Planificación (DNP), a través del Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales (CONPES), ha indicado que la demanda de biodiésel para 2020 se puede cubrir con mezclas B10, lo que demuestra que las políticas de expansión actuales continuarán. No obstante, el crecimiento del mercado en Colombia implica la expansión de la demanda de biodiésel de B10 a B20 para 2020.	Rincón y col., 2015
Documento CONPES 3510	2008	Definió las reglas básicas y la dirección de la política nacional para promover la “producción sostenible” de combustibles de origen vegetal en Colombia	Castiblanco y col., 2015
Resolución 9-1664	2012	Establece el porcentaje de mezcla que se utilizará en diferentes regiones del país. Esta resolución fue modificada después por la Resolución 9-1772 de 2012	Espinoza y col., 2017

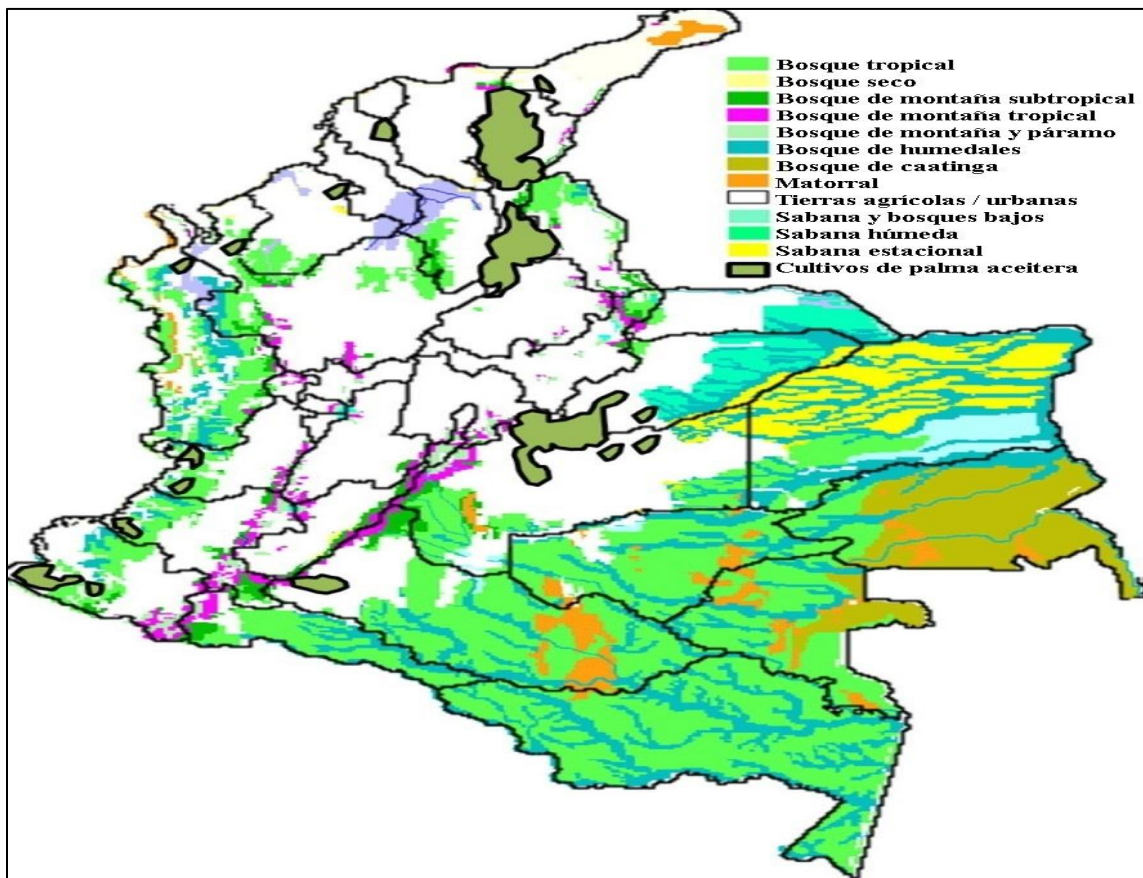
En una investigación realizada por Castiblanco y col. (2015) concluyeron que los subsidios no deben considerarse como una herramienta eficaz para lograr los objetivos de mezcla y mezclas definidas en el Programa de Biocombustibles en el país. Por su parte, Castiblanco y col. (2013) sugieren en un estudio que aunque la palma aceitera es un componente importante de las estrategias de agroexportación y energía de Colombia, las expectativas futuras del gobierno no son realistas. Es altamente improbable que se alcancen las expectativas del gobierno de un aumento de 3 millones de hectáreas de plantaciones de palma aceitera. Incluso con un fuerte apoyo gubernamental, las plantaciones de palma aceitera proyectadas en Colombia no alcanzarán más de un millón de hectáreas para el año 2020. Por lo tanto, las mezclas de biodiésel esperadas (20%) no parecen ser factibles. Sin embargo, es probable que los procesos acelerados de transformación y la fragmentación de los ecosistemas que está experimentando Colombia aumenten debido a la decisión del gobierno de aumentar su consumo interno y alentar al país a convertirse en un fuerte competidor en el mercado

internacional de biocombustibles. En las tres principales áreas productoras de aceite de palma en el país, el cultivo se ha expandido principalmente a áreas que anteriormente se usaban como pastizales. Una menor proporción del cambio en el uso de la tierra ha sido de áreas agrícolas heterogéneas y bosques naturales a cultivos de aceite de palma (Castiblanco y col., 2013).

### **4.3 Cuestiones sociales y ambientales asociadas al biodiésel de palma en Colombia**

Colombia es un país ubicado en el noroeste de América del Sur que posee una superficie aproximada de 1.14 millones de km<sup>2</sup> de los cuales aproximadamente el 50% está cubierto de bosques. La importante variabilidad ambiental de Colombia en relación con su tamaño geográfico determina sus altas tasas de endemismo y riqueza de especies, lo que hace de Colombia un país megadiverso (Castiblanco y col., 2014). Como resultado de la alta variabilidad ecológica entre las regiones, Colombia tiene uno de los niveles más altos de diversidad de especies por unidad de área en todo el mundo: en sólo el 0.77% de la superficie terrestre del mundo contiene el 10% de sus especies conocidas. A pesar de su riqueza natural, Colombia ha experimentado rápidos procesos de transformación por los cuales los ecosistemas naturales han sido reemplazados o fragmentados. Actualmente, las tasas de deforestación son aproximadamente 238,000 hectáreas. Las causas de la deforestación son diversas y dependen de cada región, pero generalmente están relacionadas con la expansión de la frontera agrícola para el pastoreo de ganado, los incendios forestales, la extracción de madera y el crecimiento de cultivos ilícitos (Castiblanco y col., 2013).

Entre 2002 y 2008, se establecieron más de 100,000 hectáreas de nuevas plantaciones de palma aceitera en Colombia, más del 50% en áreas previamente utilizadas como pastizales. Menos del 15% de las nuevas plantaciones de palma aceitera afectaron la vegetación natural (por ejemplo, bosques, sabanas). Esta transición podría interpretarse como positiva dado que las plantaciones de palma aceitera son más productivas que la mayoría de las tierras de pastoreo, proporcionan más empleos y pueden contribuir a la mitigación del cambio climático por medio de captación de carbono. Las nuevas plantaciones de palma aceitera también reemplazaron las tierras agrícolas, particularmente las áreas que anteriormente se usaban para la producción de arroz, banano y agricultura mixta. Los impactos sociales, económicos y ambientales de estas transiciones son menos obvios, dependen del contexto local y requieren estudios más detallados, ya que es probable que no se estén cuantificando los efectos de las transiciones indirectas del uso de la tierra, que podrían ser importantes cuando las plantaciones de palma aceitera estén desplazando a los propietarios anteriores (por ejemplo, agricultores de subsistencia, ganaderos), quienes luego colonizan nuevas áreas mediante la tala de bosques para continuar con sus actividades agrícolas y ganaderas, impactando en los precios de los alimentos locales y la seguridad alimentaria. Sin embargo, la causa principal reciente de la deforestación en Colombia ha sido el desmonte de la tierra para la producción de cultivos ilícitos de coca, en su mayoría más allá de la frontera agrícola (Castiblanco y col., 2013).



**Figura 4.3** Uso de la tierra en Colombia para el año 2012, incluyendo los cultivos actuales de palma aceitera (Calle, 2012).

En Colombia, por ejemplo, se carece de un marco jurídico confiable con respecto a los derechos de propiedad de la tierra, y esto ha permitido que la tierra se desplace y se abandone debido a la violencia en varias regiones del país. En la última década, se han reportado varios casos de usurpación por grupos ilegales que quisieron ocupar tierras propiedad de comunidades afrocolombianas y cultivar palma de aceite en la región del Pacífico Colombiano (Castiblanco y col., 2014).

Según la estimación de FEDEPALMA, en Colombia hay 3 millones de hectáreas (Mha) de tierra adecuada y 4 millones de hectáreas adicionales de tierra menos adecuada para la plantación de palma aceitera sin deforestación (Khatun y col., 2017). Castiblanco y col. (2013) sugieren que a pesar del bajo impacto de las nuevas plantaciones en áreas naturales en el pasado, para 2020 aproximadamente 37,000 ha de bosques y vegetación leñosa podrían ser eliminadas para sustituirlas por plantaciones.

Ahondando en cuestiones sociales, Castiblanco y col. (2014) concluyeron en un estudio que en Colombia, los municipios donde se cultiva palma aceitera presentan mayores niveles de satisfacción de necesidades básicas y mayores ingresos fiscales en comparación con los municipios donde no se cultiva. Sin embargo, en Colombia, dependiendo de la región y el período, la violencia y la concentración en la tenencia de la tierra son mayores en los

municipios de palma aceitera, lo que puede ayudar a explicar la persistencia de la inequidad y la pobreza en algunas áreas. La principal paradoja de la producción de palma aceitera es que los agricultores que participan en la cadena de producción a menudo tienen mejores ingresos en comparación con aquellos que no, pero estos ingresos se concentran en los niveles más altos de la cadena de valor, como la transformación industrial y comercialización. En Colombia, las barreras institucionales (altos niveles de corrupción y burocracia, debilidad en la definición de los derechos de propiedad de la tierra) y condiciones sociales adversas (desigualdades significativas en la distribución de la riqueza y altos niveles de violencia) inhiben el crecimiento a largo plazo y el desarrollo rural en zonas productoras de palma aceitera.

Colombia es un país que presenta una gran desigualdad económica y social, cuya población actual alcanza aproximadamente los 49 millones de habitantes, localizada principalmente en zonas urbanas (76%). Las grandes extensiones de tierra, especialmente en el Amazonas y el Pacífico, están muy escasamente pobladas. Los territorios indígenas abarcan 31 millones de hectáreas (un tercio del país), pero sólo viven en ellos 1.4 millones de habitantes (3%). Los territorios colectivos de propiedad de las comunidades afrocolombianas alcanzan los 5.5 millones de hectáreas y alrededor de 3 millones de habitantes viven allí. El valor agregado del sector agrícola representa el 7% del PIB y emplea al 18% de la población activa. Colombia tiene uno de los índices más altos de concentración de tierras en el mundo (con un coeficiente de Gini de la tierra rural de 0.88), y las tasas más altas de pobreza rural, que alcanzan el 54.3% de la población (Castiblanco y col., 2015).

La pobreza, la concentración de la tierra y la desigualdad han aumentado en las zonas rurales de Colombia en la última década. El coeficiente de Gini de la tierra rural pasó de 0.74 a 0.88. Actualmente, la pobreza en el campo alcanza el 54.3% y la indigencia el 22%, mientras que, en las zonas urbanas, estas cifras son del 35.8% y 7% respectivamente. Colombia actualmente es el sexto país con más desigualdad en distribución de ingresos en todo el mundo con un coeficiente de Gini de 0.497 y la pobreza es significativamente alta en las zonas rurales (54.3%) en comparación a la pobreza urbana (35.8%). El ingreso per cápita en las áreas rurales corresponde al 34% del ingreso per cápita de las áreas urbanas (Castiblanco y col., 2014).

Los beneficios y costos sociales de las políticas de biodiésel y aceite de palma de Colombia son controvertidos. A pesar de los objetivos declarados de crecimiento económico rural y alivio de la pobreza, estas políticas han servido principalmente para promover los intereses de grandes terratenientes y de productores de biodiésel integrados verticalmente. La distribución de tierras en Colombia se encuentra entre las más desiguales del mundo, con más de la mitad de las tierras que pertenecen a solo el 1% de los propietarios. Los empresarios de biodiésel han sido los principales beneficiarios del apoyo a las políticas a medida que la industria se capitaliza y se integra de manera más vertical. En general, la producción de aceite de palma y el desarrollo de biodiésel no parecen tener una reducción de la desigualdad y la pobreza (Naylor y Higgins, 2017b).

#### **4.4 Implicaciones del biodiésel de palma en la seguridad alimentaria colombiana**

Existe un posible efecto indirecto y negativo del cultivo de palma africana desde el enfoque de la seguridad alimentaria en Colombia, y ello depende del aumento de la demanda que se suscite por parte de los países consumidores, lo que podría originar la preferencia del sistema agrícola colombiano hacia este cultivo, el cual no subsiste con otros ya que acapara grandes hectáreas de terreno para poder desarrollarse, no permitiendo crecimiento alguno alrededor de él. Lo anterior originaría la escasez de ciertos productos agrícolas, los cuales se encarecerían y se convertirían en productos de privilegio para algunos estratos (Fontalvo y col., 2014).

La palma africana se ha posicionado como la materia prima ideal para la producción de biodiésel en Colombia; sin embargo, su uso podría permear de manera negativa el sector agro colombiano. Si bien la mezcla de biodiésel con combustibles fósiles como alternativa ecológica es buena, debido a que sus residuos de combustión no tienen efectos letales; el tema relacionado con su producción, podría causar daños indirectos; la ocupación de grandes extensiones de tierra para su cultivo, desplazaría a otros y encarecería los alimentos en algunas regiones, colocando en riesgo la seguridad alimenticia de dichas zonas. Todos estos temas importantes relacionados con la industria de producción de biodiésel en Colombia hoy en día, son aún materia de investigación (Fontalvo y col., 2014).



## Capítulo 5. Resumen de resultados

Malasia y Colombia son países muy semejantes social, económica, política y geográficamente. Si se pretende comparar el desarrollo de la industria del biodiésel de palma que se ha alcanzado en estos países, resulta primordial considerar y comparar algunos datos e indicadores que ayudan a explicar y tienen relación con el grado de desarrollo alcanzado por estos países en esa industria.

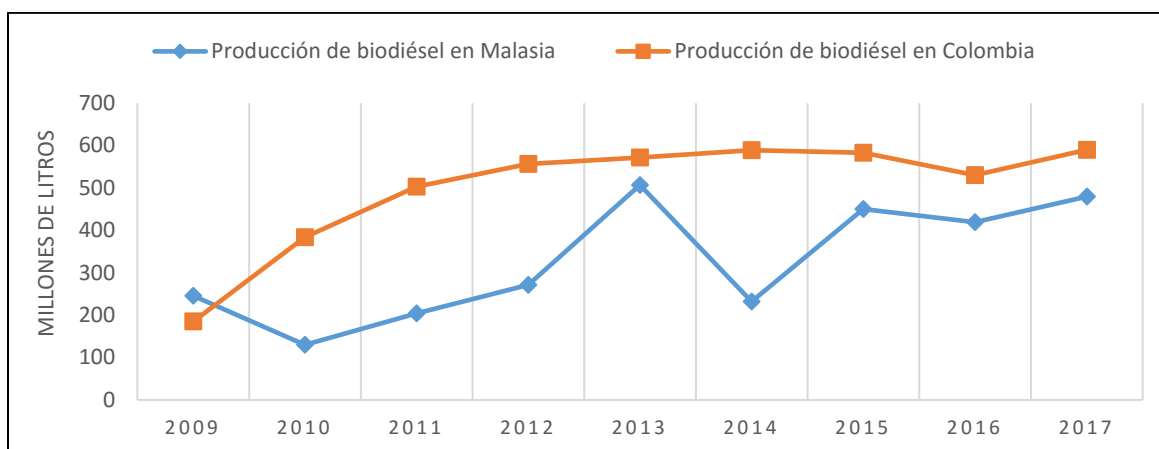
En cuestiones sociales, cabe destacar que ambos países presentan una gran desigualdad económica y social, pues no existe una distribución equitativa de ingresos en sus poblaciones. Colombia tiene un coeficiente de Gini de 0.497 y Malasia tiene un coeficiente de 0.410 (World Bank, 2017), lo que los sitúa entre los países más desiguales del mundo. Ambos países tienen un alto porcentaje de su población viviendo por debajo de la línea de pobreza nacional, y esta pobreza es significativamente alta en las zonas rurales.

En cuestión económica, Colombia y Malasia se clasifican como países en vías de desarrollo y entran en la categoría de economías emergentes, debido a que a pesar de no considerarse todavía como países desarrollados, estos países disponen de una gran variedad de recursos naturales y una elevada población que sirve como mano de obra barata. Los combustibles fósiles desempeñan un papel muy importante en la economía de ambos países; en el caso de Malasia, la industria de la energía representa hasta el 20% del producto interno bruto total de la nación, ya que el país cuenta con importantes reservas probadas de gas natural (1,183,000,000,000 de m<sup>3</sup>) y petróleo (3,600 millones de barriles). Por su parte, Colombia también dispone de importantes reservas de petróleo calculadas en 1,665 millones de barriles (CIA, 2017). El sector petrolero representa el 7% del Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia, y genera más de 95,000 empleos directos e indirectos (ACP, 2017). Colombia y Malasia también se encuentran entre los países megadiversos, ya que presentan en su territorio una gran variedad de climas y una enorme riqueza de especies.

Ahora bien, centrándose en la industria del biodiésel, puede encontrarse que Malasia y Colombia son dos de los países que han logrado un mayor desarrollo de sus industrias del aceite de palma y del biodiésel de palma a nivel mundial, y figuran entre los países con mayor producción en el mundo. Comparando los países entre sí, es de destacar que la producción de biodiésel de Colombia sobrepasó la de Malasia en 2010, y la tendencia se ha mantenido en los últimos años (Figura 5.1). La diferencia notable radica en que Malasia sólo exporta biodiésel y no lo importa, mientras que Colombia no es importador ni exportador de biodiésel. Lo que realmente sostiene la producción de Colombia es su propia demanda interna. El consumo de biodiésel en Colombia depende completamente de la producción local para cumplir con el reglamento de biodiésel, que varía según la ubicación.

Abordando la cuestión política, se tiene que en el periodo de 2010 a 2015, Colombia exhibió un mayor progreso en la implementación de sus reglamentos de mezcla de biodiésel; empezó a implementarlos antes que Malasia, y la tasa de mezcla de Colombia siempre fue mayor que la del país asiático. Colombia se ha acercado más a cumplir sus reglamentos que países como Indonesia; las plantas de biodiésel del país latinoamericano operan al 99% de su capacidad; y se están desarrollando varias nuevas. El gobierno colombiano ha sido un factor determinante en el desarrollo alcanzado por la industria del biodiésel colombiana, al

promover leyes y un marco político con el fin de fomentar la producción del biocombustible en el país (Naylor y Higgins, 2017b).



**Figura 5.1 Gráfica comparativa entre la producción de biodiésel en Colombia y la de Malasia (Ghani Wahab, 2017; Rau y Gómez, 2017)**

En Malasia, por otro lado, la mayoría de las plantas de biodiésel operan por debajo de su capacidad. El crecimiento de la industria del biodiésel de Malasia está retrocediendo debido a la ineficacia de las políticas del gobierno, y las compañías con licencia no son monitoreadas con frecuencia para asegurarse que cumplan con los estándares y las políticas operativas propuestas (Mekhilef y col., 2011).

Una semejanza a destacar entre ambos países es que la reciente caída en los precios del petróleo crudo ha impactado directamente en la industria del biodiésel de palma de ambas naciones. Malasia está luchando con un gran déficit presupuestario asociado con la disminución de los ingresos del petróleo, y el aumento de biodiésel en la mezcla requeriría un aumento en los subsidios a los productores de biodiésel, lo que perjudicaría aún más la cuenta fiscal del país. En el caso de Colombia, las políticas de biodiésel se justificaban más fácilmente cuando los precios del petróleo crudo eran altos y cuando las tendencias en los precios reales del petróleo crudo y del ACP eran divergentes. Con el reciente colapso de los precios del petróleo crudo, la economía de Colombia se ha visto afectada, y las políticas de biodiésel serán cada vez más costosas para la cuenta fiscal del gobierno, al igual que ocurre en Malasia (Naylor y Higgins, 2017b).

En materia social, tanto en Malasia como en Colombia existen conflictos sociales derivados del desarrollo y expansión de los cultivos energéticos. En Malasia se presentan conflictos relacionados con los derechos laborales y las condiciones contractuales entre los pequeños agricultores, las empresas y el Estado. Ejemplo de ello son los problemas suscitados al celebrarse contratos de riesgo compartido entre agricultores y empresas, que dependiendo de las fluctuaciones de los precios internacionales de los productos, puede beneficiar o perjudicar a los pequeños productores (Castiblanco y col., 2014).

En Malasia se han presentado escándalos propiciados por las prácticas ilegales de empresas como Goodhope, que ha desarrollado nuevas plantaciones de aceite de palma sin autorización y sin evaluación de impacto ambiental; y ha talado bosque tropical sin el

permiso ni la consulta a las comunidades indígenas afectadas. Indofood Agri Resources Ltd, por su parte, ha sido acusada de expandir sus plantaciones de palma aceitera en zonas de bosque tropical de turbera, en hábitat de especies amenazadas como el orangután, así como emplear mano de obra infantil en sus plantaciones y pagar salarios de miseria (Soto, 2017).

En el caso de Colombia, también se presentan conflictos sociales causados por prácticas como la subcontratación de trabajadores y actividades por parte de las empresas, lo cual ha sido objeto de críticas debido a problemas de derechos laborales. En Colombia no existe un marco jurídico confiable con respecto a los derechos de propiedad de la tierra, y esto ha permitido que la tierra se desplace y se abandone debido a la violencia en varias regiones del país (Castiblanco y col., 2014).

Aunque la palma aceitera es un sector importante en la economía familiar de Malasia por las divisas y empleos que produce, por lo general en los países productores de biodiésel los mayores beneficios económicos de las políticas de biodiésel y aceite de palma suelen concentrarse en grandes productores de biodiésel y terratenientes, pues las políticas implementadas han servido mayormente para promover sus intereses, por encima de los de los pequeños productores y los obreros (Naylor y Higgins, 2017b).

En el tema de seguridad alimentaria, Colombia es el país que enfrenta una mayor amenaza, pues a pesar de que la palma africana se ha posicionado como la materia prima idónea para la producción de biodiésel, su producción podría causar daños indirectos; como la ocupación de grandes extensiones de tierra para su cultivo, lo que desplazaría a otros y encarecería los alimentos en algunas regiones, colocando en riesgo la seguridad alimenticia de dichas zonas (Fontalvo y col., 2014). El problema radica entonces en los efectos de las transiciones indirectas del uso de la tierra, que podrían ser importantes cuando las plantaciones de palma aceitera estén desplazando a los propietarios anteriores (Castiblanco y col., 2013).

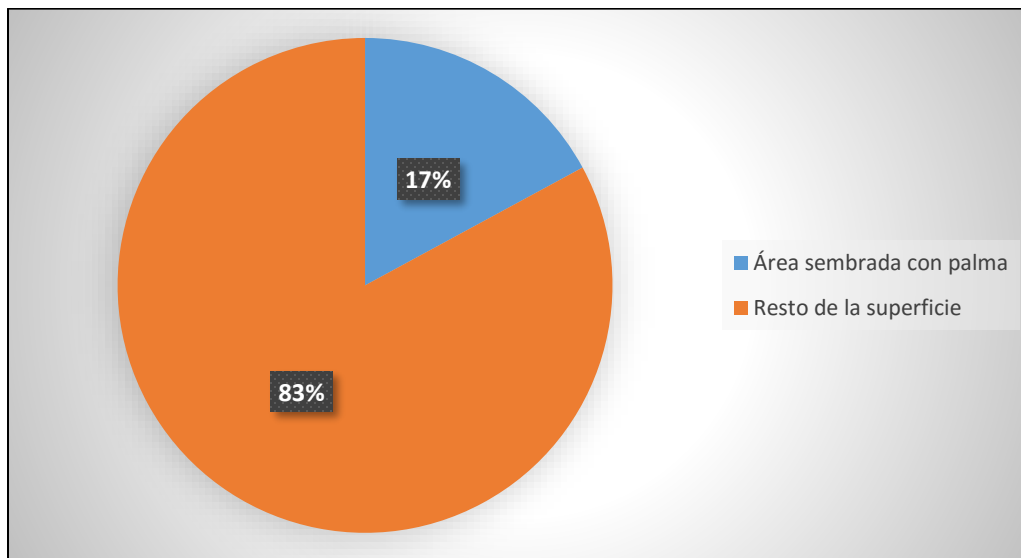
Malasia, por su parte, no tiene problemas importantes con la inseguridad alimentaria, pero los datos nacionales indican que el problema aún no se ha resuelto por completo. El sector del aceite de palma ha sido criticado internacionalmente debido a preocupaciones ambientales y laborales.

En la cuestión ambiental, si tomamos en cuenta que la superficie total de Malasia es de 32,984,800 ha, y que en 2015 el área en el país sembrada con palma aceitera fue de 5,642,943 ha, se observa que ésta abarca una mayor porción del territorio nacional que en el caso de Colombia (Figura 5.2) (MESTECC, 2018).

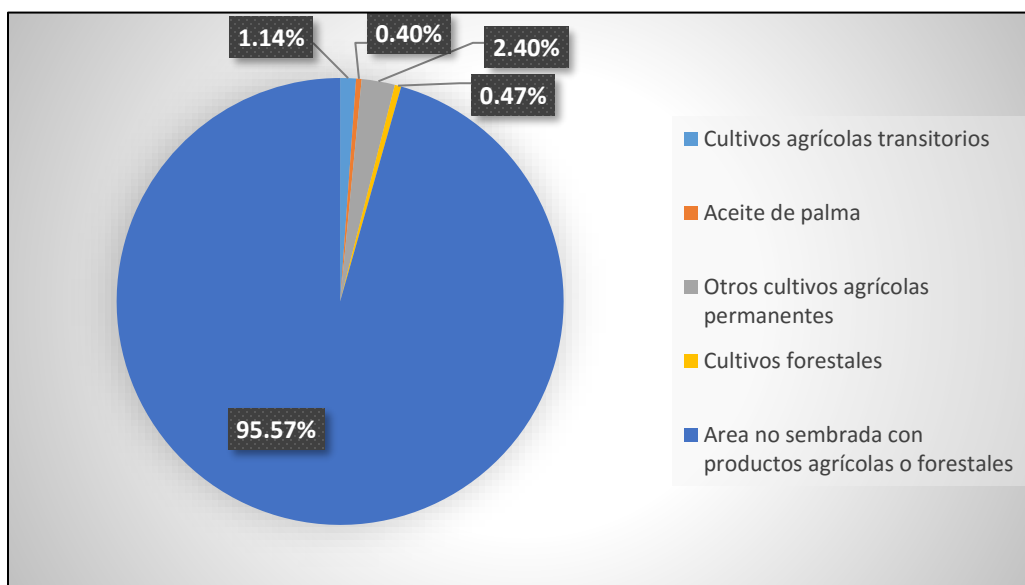
Considerando que la superficie total de Colombia es de 114,174,800 hectáreas, y de acuerdo con datos preliminares del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), durante 2015 el área destinada a la siembra de productos agrícolas y forestales fue de 5,052,449 hectáreas, presentando un incremento de 2.2 % con respecto a las 4,943,489 hectáreas que se registraron en 2014. En complemento, del total de área destinada a siembra, 4,514,671 hectáreas corresponden a productos agrícolas (cultivos transitorios y permanentes) y 537,778 hectáreas a cultivos forestales (FEDEPALMA, 2015).

Al desagregar el total del área utilizada para sembrar productos agrícolas, se evidencia que para 2015 los cultivos permanentes ocupan 3,211,252 hectáreas, lo que equivale al 71.1 %

del total sembrado, mostrando un crecimiento de 2% con respecto a lo registrado el año anterior. En cuanto a los cultivos transitorios, estos ocupan el 28.9 % restante del área, lo que equivale a 1,303,419 hectáreas, mostrando un crecimiento de 1.4 % con relación a lo registrado en 2014. Dentro del área de cultivos permanentes el área sembrada con palma de aceite fue de 466,185 hectáreas. En la Figura 4.3 se presenta un desglose de lo que representa el área destinada a cada tipo de cultivo en porcentaje con respecto de la superficie total del país (FEDEPALMA, 2015). Se puede apreciar que la superficie destinada para el cultivo de palma aceitera es insignificante comparada con la superficie total del país.



**Figura 5.2 Área sembrada por tipo de cultivo 2015 como porcentaje de la superficie total de Malasia.**



**Figura 5.3 Área sembrada por tipo de cultivo en el año 2015 como porcentaje de la superficie total de Colombia.**

En el tema ambiental, indudablemente el problema más llamativo que enfrenta la industria de la palma aceitera en ambos países es la deforestación, ya que grandes extensiones de bosques tropicales se están convirtiendo en plantaciones. Actualmente, los bosques tropicales de Malasia enfrentan una mayor tasa de deforestación que los de Colombia. La devastadora expansión de las plantaciones de palma aceitera está provocando la pérdida de biodiversidad y una gran contaminación del aire y del agua (Khatun y col., 2017). En el año 2014, el total de bosque perdido en Malasia asciende al 14.4 por ciento del área boscosa que había en el año 2000. La pérdida se traduce en 47,278 kilómetros cuadrados (Butler, 2014).

En Colombia el problema no es tan grave, ya que las nuevas plantaciones de palma aceitera suelen establecerse mayormente en áreas previamente utilizadas como pastizales, lo cual permite que no se afecte la vegetación natural. No obstante, el país también ha experimentado rápidos procesos de transformación por los cuales los ecosistemas naturales han sido reemplazados o fragmentados. Actualmente, las tasas de deforestación son aproximadamente 238,000 hectáreas. Las causas de la deforestación son diversas y dependen de cada región, pero generalmente están relacionadas con la expansión de la frontera agrícola para el pastoreo de ganado, los incendios forestales, la extracción de madera y el crecimiento de cultivos ilícitos (Castiblanco y col., 2013).

Otro hecho importante que hay que mencionar porque afecta por igual a ambos países es que si bien es cierto que los intereses internacionales en la reducción del uso de combustibles fósiles con el fin de mitigar el cambio climático proporcionan una plataforma para el crecimiento de combustibles renovables como el biodiésel, existen las motivaciones políticas para expandir el uso de combustibles fósiles, como se ve actualmente en los Estados Unidos con la administración de Donald Trump. Estos intereses particulares podrían socavar el crecimiento en la industria del biodiésel. Cualquier modelo cuantitativo del sector del biodiésel global se convierte rápidamente en una caja negra de variables de agricultura, energía y clima que se intersectan, lo que hace que las proyecciones a corto plazo para 2020 sean una decisión difícil. Se puede afirmar con certeza que los cambios en los precios, la política y las prioridades de los gobiernos perpetuarán la incertidumbre y crearán tensiones para el sector mundial del biodiésel en los próximos cinco años, o más (Naylor y Higgins, 2017b).

Finalmente, en la Tabla 5.1 se sintetizan los indicadores de la industria del biodiésel de palma más relevantes encontrados para ambos países. Es perceptible la notable semejanza que estos países presentan en muchos indicadores económicos, demográficos, sociales y ambientales. Aún cuando ambos países cuentan con un sector de los hidrocarburos consolidado, han optado por brindarle una oportunidad al biodiésel de palma. Sin embargo, en términos económicos Colombia es el país con mejor desempeño, y mucho de ello se debe a una intervención gubernamental más efectiva en comparación con su homólogo del sureste de Asia. Hace falta voluntad política para desarrollar un sector como el de los biocombustibles en economías que dependen principalmente de los hidrocarburos para satisfacer su demanda energética.

**Tabla 5.1 Síntesis de datos e indicadores relevantes de la industria del biodiésel de palma en Malasia y Colombia.**

Indicador	País		Fuente
	Colombia	Malasia	
Población (habitantes)	49,556,436 (en 2017)	29, 628, 392 (en 2013)	Indexmundi
Superficie territorial (km²)	1,141,748	329,847	
PIB nominal (millones de USD)	282,500 (en 2016)	375,633 (en 2016)	
PIB nominal per cápita (USD)	8.858 (en 2016)	12,127 (en 2016)	
IDH	0.727 (en 2016)	0.789 (en 2015)	
Intensidad energética (MJ/USD)	2.25 (en 2015)	4.68 (en 2015)	Banco Mundial
Reservas probadas de petróleo crudo (millones de barriles)	1,665 (en 2017)	3,600 (en 2017)	CIA, 2017
Reservas probadas de gas natural (millones de m³)	113,900 (en 2017)	1,183,000 (en 2017)	
Producción de biodiésel en 2017 (millones de litros)	590	480	Ghani Wahab, 2017; MESTECC, 2018; FedeBiocombustibles, 2018 Naylor y col., 2017b
Consumo de biodiésel en 2017 (millones de litros)	589	340	
Hectáreas sembradas de palma en 2017	516,960	5,810,000	
Reglamento de mezcla de biodiésel vigente	B10 y B8	B10	
Empleos generados por la palma aceitera	186,000 (en 2016)	900,000 (en 2017)	Naylor y col., 2017b Sarmiento-Ardila y col., 2016
Seguridad alimentaria	Sí presenta problemas	No presenta problemas	Fontalvo y col., 2014
Tasa de deforestación entre 1990 y 2010 (ha)	2,020,000	1,920,000	Mongabay, 2019
Porcentaje de la superficie total del país sembrado con palma aceitera en 2015 (%)	0.4	17.1	MESTECC, 2018 FEDEPALMA, 2015

## Capítulo 6. Conclusiones

Más allá de los pros y los contras que pueda generar la industria del biodiésel de palma en un país productor, se puede afirmar con toda certeza que Colombia y Malasia destacan a nivel continental e internacional como países que han desarrollado industrias formidables del biodiésel de palma y del aceite de palma. Estas industrias desempeñan un papel fundamental en las economías de ambos países, y sin duda, Malasia y Colombia son referentes y actores primordiales en los mercados mundiales de biodiésel y aceite de palma.

Con el presente trabajo se ha proporcionado un esbozo del panorama actual de la industria del biodiésel de palma en dos países productores, seleccionados en función del enorme parecido entre sí. Ambos países tienen economías emergentes con buenas perspectivas de crecimiento económico a futuro; presentan una geografía muy similar con climas tropicales y abundancia de recursos naturales renovables y no renovables; cuentan con una demografía muy parecida, y además enfrentan problemas sociales muy semejantes, que tienen que ver con desigualdades significativas en la distribución del ingreso y altos niveles de violencia. Pero sobre todo, Colombia y Malasia son dos países con industrias desarrolladas del biodiésel de palma que se encuentran muy distanciados geográficamente entre sí, lo que permite apreciar cómo dos países de distintas regiones del mundo desarrollan en forma paralela la industria del biodiésel.

El presente análisis comparativo arroja que después de haber contrastado cada una de las dimensiones de sustentabilidad de la industria del biodiésel en ambos países, se concluye que en los ámbitos económico y político, Colombia es claramente el país con mayor avance, porque además de producir más biodiésel de palma que Malasia (590 millones de litros contra 480 de Malasia en 2017), es el país que más éxito ha tenido en satisfacer las necesidades de consumo de biodiésel de su población. Con sólo su producción local y con políticas de biodiésel más efectivas que las de Malasia, ha logrado cumplir con mayor éxito sus reglamentos de biodiésel a lo largo de los últimos años, y lo ha conseguido en menor tiempo.

En la dimensión social, se encontró que en ambos países existen conflictos sociales causados por la expansión de los cultivos energéticos. Como se mencionó anteriormente, los beneficios económicos de las políticas de biodiésel y aceite de palma suelen concentrarse en grandes productores de biodiésel y terratenientes. En ambos países, las instituciones débiles, los altos niveles de corrupción y burocracia, la violación continua de los derechos de propiedad de la tierra, las notables desigualdades económicas y sociales y los altos niveles de violencia, limitan el crecimiento y privan a la población más desfavorecida de los beneficios económicos y del desarrollo que pudieran percibirse con la industria del aceite y el biodiésel de palma. En cuestión de seguridad alimentaria, Colombia es el país que enfrenta el mayor riesgo por los efectos de las transiciones indirectas del uso de la tierra. Malasia no enfrenta un problema importante de seguridad alimentaria, pero no se descarta que en un futuro pudiera surgir.

Y finalmente, en la dimensión ambiental, el problema que es común en ambos países es el de la deforestación. En Malasia este problema adquiere mayores dimensiones que en Colombia, puesto que grandes extensiones de bosques tropicales se están convirtiendo en plantaciones, y la deforestación de los bosques tropicales de Malasia es mayor que la de

Colombia. La expansión de las plantaciones de palma aceitera en Malasia está provocando la pérdida de biodiversidad y una gran contaminación, además de que se están violando muchos de los derechos de la población rural. En Colombia el problema es mucho menor, ya que las nuevas plantaciones de palma aceitera suelen establecerse mayormente en áreas previamente utilizadas como pastizales, lo cual permite que no se afecte la vegetación natural. Sin embargo, muchos de sus ecosistemas han sido afectados y las causas de la deforestación son muy variadas.

Aún cuando el balance general favorece claramente a Colombia, es un hecho que Malasia y Colombia son ejemplos para países como México, que posee un enorme potencial no aprovechado de desarrollo de fuentes de energía renovables como lo son los biocombustibles. El mercado del biodiésel a nivel mundial enfrenta una gran incertidumbre, debido a que existen intereses particulares que buscan perpetuar un modelo que prioriza el uso de los combustibles fósiles por sobre las fuentes renovables, obstaculizando con ello la transición energética. Los avances que consiga el biodiésel, sin duda serán paulatinos, y se verán a largo plazo.



## Bibliografía

Abdullah, A.Z., Salamatinia, B., Mootabadi, H. y Bhatia, S. 2009. Current status and policies on biodiesel industry in Malaysia as the world's leading producer of palm oil. *Energy Policy*. 37 (12): 5440–5448.

Abdul-Manan, A. 2017. Lifecycle GHG emissions of palm biodiesel: Unintended market effects negate direct benefits of the Malaysian Economic Transformation Plan (ETP). *Energy Policy*. 104: 56-65.

ACP, 2017. “Industria petrolera en Colombia, seriamente amenazada”. Publicado por Asociación Colombiana del Petróleo ACP. Bogotá, Colombia.

Basiron, Y. y Foong Kheong, Y. 2009. Potential of Palm Oil for Developing Countries and Role in the Food and Fuel Debate1. *Global Oils Fats*. 6.

Byerlee, D., Falcon, W.P. y Naylor, R.L. 2017. The tropical oil crops revolution: food, farmers, fuel, and forests. 304 pp. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.

Butler, R. 2014. Un mapa forestal de Google revela que Malasia tiene el mayor índice de deforestación del mundo. Publicado por Mongabay Latam. Periodismo ambiental independiente. Menlo Park, California, EE. UU.

Calle, G.M. 2012. Mapa Colombia: Cobertura de vegetación actual. Publicación de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Carrington, D. 2018. Palm oil ‘disastrous’ for wildlife but here to stay, experts warn. Publicado por The Guardian. News, sport and opinion. Londres, Reino Unido

Castiblanco, C., Etter, A. y Aide, T. M. 2013. Oil palm plantations in Colombia: A model of future expansion. *Environmental Science & Policy*. 27: 172-183.

Castiblanco, C., Etter, A. y González, A. 2014. Impacts of oil palm expansion in Colombia: What do socioeconomic indicators show?. *Land Use Policy*. 44: 31-43.

Castiblanco, C., Moreno, Á. y Etter, A. 2015. Impact of policies and subsidies in agribusiness: The case of oil palm and biofuels in Colombia. *Energy Economics*. 49: 6765-686.

CIA, 2015. The World Factbook. Country comparison: natural gas exports. Publicado por Central Intelligence Agency. The Work of a Nation. The Center of Intelligence. Langley, Virginia, EE. UU.

CIA, 2017. The World Factbook. Country comparison: natural gas-proved reserves. Publicado por Central Intelligence Agency. The Work of a Nation. The Center of Intelligence. Langley, Virginia, EE. UU.

CIA, 2017. The World Factbook. Country comparison: crude oil-proved reserves. Publicado por Central Intelligence Agency. The Work of a Nation. The Center of Intelligence. Langley, Virginia, EE. UU.

Corley, R.H.V. y Tinker, B. The oil palm. In Wiley Online Library (Blackwell Science Ltd, 2003), pp. 562. Hoboken, Nueva Jersey, EE. UU.

Espinoza, A., Bautista, S., Narváez, P. C., Alfaro, M. y Camargo, M. 2017. Sustainability assessment to support governmental biodiesel policy in Colombia: A system dynamics model. *Journal of Cleaner Production*. 141: 1145-1163.

Ewing M. y Msangi S. 2009. Biofuels production in developing countries: assessing trade-offs in welfare and food security. *Environ Sci Policy*. 12: 520–8.

FedeBiocombustibles, 2018. Información Estadística Sector Biocombustibles. Publicado por Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. Bogotá, Colombia.

FEDEPALMA, 2015. Statistical Yearbook 2015. The Oil Palm Agroindustry in Colombia and the World. Publicado por National Federation of Oil Palm Growers (FEDEPALMA). Bogotá, Colombia.

Fontalvo, M., Vecino, R. y Barrios, A. 2014. El aceite de palma africana *elae guineensis*: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental. *Revista Prospectiva*. 12(1): 90-98.

Ghani Wahab, A. 2017. Malaysia Biofuels Annual 2017. Publicado por USDA Foreign Agricultural Service. Global Agricultural Information Network. Kuala Lumpur, Malaysia.

GIA, 2019. Focus on Biofuels Made from Palm Oil Production Waste as an Energy Security Solution Drives Healthy Market Growth. Publicado por Global Industry Analysts, Inc. A Worldwide Business Strategy & Market Intelligence Source. San José, California, EE.UU.

Goh, K.J., Wong, C.K. y Ng, P.H.C. 2017. Oil Palm. Encyclopedia of Applied Plant Sciences. 2<sup>nd</sup> Edition, Volume 3. Pages 382-390. Academic Press. ISBN 978-0-12-394808-3.

Gomes, G., Hache, E., Mignon, V. y Paris, A. 2018. On the Current Account-Biofuels Link in Emerging and Developing Countries: Do Oil Price Fluctuations Matter? *Energy Policy*. 116: 60-67.

IndexMundi, 2018. Palm oil Monthly Price - US Dollars per Metric Ton. Publicación de IndexMundi. Country facts and statistics. Charlotte, Carolina del Norte, EE. UU.

Jayed, M.H., Masjuki, H.H., Saidur, R., Kalam, M.A. y Jahirul, M.I. 2009. Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13: 2452–62.

Khatun, R., Reza, M., Mr, M. y Yaakob, Z. 2017. Sustainable oil palm industry: The possibilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 76: 608-619.

Mekhilef, S., Siga, S. y Saidur, R. 2011. A review on palm oil biodiesel as a source of renewable fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15: 1937–49.

MESTECC, 2018. Malaysia Third National Communication and Second Biennial Update Report to the UNFCCC. Publicado por Ministry of Energy, Science, Technology, Environment and Climate Change. Putrajaya, Malaysia.

Mitchell, D. 2010. Biofuels in Africa: opportunities, prospects, and challenges. Publicado por The World Bank. Washington D.C., EE. UU.

Mongabay, 2019. Deforestation Figures for Selected Countries. Publicado por Mongabay Latam. Periodismo ambiental independiente. Menlo Park, California, EE. UU.

Mukherjee, I. y Sovacool, B.K. 2014. Palm oil-based biofuels and sustainability in south-east Asia: a review of Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 37: 1–12.

Naylor, R.L. y Higgins, M.M. 2017a. The rise in global biodiesel production: Implications for food security. *Global Food Security*. 16: 75-84.

Naylor, R.L. y Higgins, M.M. 2017b. The political economy of biodiesel in an era of low oil prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 77: 695-705.

Outsourcing Malaysia, 2018. Economic Transformation Programme. Overview of ETP. Publicado por Outsourcing Malaysia. A PIKOM initiative. Selangor, Malasia.

Rau, B. y Gomez, L. A. 2017. Colombia Biofuels Annual 2017. Publicado por USDA Foreign Agricultural Service. Global Agricultural Information Network. Bogotá, Colombia .

Rincón, L., J. Valencia, M., Hernandez, V., Matallana Perez, L. y A. Cardona, C. 2015. Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on technological and environmental criteria. *Energy Economics*. 47:154-167.

Roberts, D. 2006. What's the most energy-efficient crop source for ethanol? Publicado por Grist Magazine (Environmental news magazine). Seattle, Washington, EE. UU.

Sarmiento-Ardila, C., Souza, S. y Cortez, L. 2016. Sustainable initiatives of Colombian palm oil-based biodiesel production. En: The 22nd International Symposium on Alcohol Fuels. Cartagena, Colombia.

Silalertruksa, T., Gheewala, S., Pongpat, P., Kaenchan, P., Permpool, N., Lecksiwilai, N. y Mungkung, R. 2017. Environmental sustainability of oil palm cultivation in different regions of Thailand: Greenhouse gases and water use impact. *Journal of Cleaner Production*. 167: 1009-1019.

Solomon, B., Banerjee, A., Acevedo, A., Halvorsen, K. y Eastmond, A. 2015. Policies for the sustainable development of biofuels in the pan American region: a review and synthesis of five countries. *Environ. Manag.* 56 (6): 1276–1294.

Soto, M.A. 2017. El aceite de palma, el biodiésel y la salud del planeta. Archivo de Greenpeace. Activismo ambiental desde Greenpeace España. Madrid, España.

Statista. 2018. Vegetable oils: production worldwide 2012/13-2018/19, by type. Publicado por Statista. The Statistics Portal. Londres, Reino Unido.

Szulczyk, K. y Atiqur Rahman Khan, M. 2018. The potential and environmental ramifications of palm biodiesel: Evidence from Malaysia. *Journal of Cleaner Production*. 203: 260-272.

Varga, S. 2017. Essential Palm Oil Statistics 2017. Publicado por Palm Oil Analytics. Singapur, Singapur.

World Bank. 2017. GINI index (World Bank estimate). Publicado por The World Bank. Washington D.C., EE. UU.