

II. Biodiesel

ATLAS

de la AGROENERGÍA y
los BIOCOMBUSTIBLES
en las AMÉRICAS





*Atlas de la agroenergía y los
biocombustibles en las Américas:
II Biodiésel*

PROGRAMA HEMISFÉRICO EN AGROENERGÍA Y BICOMBUSTIBLES
INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Coordinación editorial: Orlando Vega
Corrección de estilo: Olga Patricia Arce
Diseño de portada: Karla Cruz y Ana Catalina Lizano
Publicado en formato digital en www.iica.int

Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II
Biodiésel / IICA, Programa Hemisférico en Agroenergía y
Biocombustibles – San José, C.R.: IICA, 2010.

377 p.; 22 x 27 cm.

ISBN13: 978-92-9248-196-4

1. Biocarburante 2. Bioenergía 3. Combustibles I. IICA II.
Título

AGRIS
P07

DEWEY
333.793

San José, Costa Rica

2010

Índice

Introducción.....	1
1. Marco de referencia.....	1
2. Organización del atlas.....	2
3. Principales fuentes de información.....	4
Capítulo I: aspectos hemisféricos.....	5
1. Biodiésel: ¿Qué es y cómo se produce?.....	7
2. Principales características del biodiésel.....	8
3. Producción de biodiésel en el mundo.....	9
4. La capacidad de producir.....	10
5. Producción de aceite en el mundo.....	10
6. Principales fuentes de aceite en el mundo.....	13
7. Conversión de aceite a biodiésel.....	18
Capítulo II: situación de los países de América.....	21
Argentina.....	23
Brasil.....	49
Chile.....	75
Paraguay.....	91
Uruguay.....	115
Bolivia.....	133
Colombia.....	157
Ecuador.....	175
Perú.....	187
Belice.....	213
Costa Rica.....	215
El Salvador.....	231

Guatemala.....	241
Honduras.....	249
Nicaragua.....	261
Panamá.....	271
República Dominicana.....	275
Canadá.....	283
Estados Unidos de América.....	297
México.....	313
Literatura citada y consultada	331

Organización numérica de los cuadros y figuras del atlas de biodiésel por país

Sección	Región/país
0.	Introducción y aspectos hemisféricos
	Cono Sur
1	Argentina
2	Brasil
3	Chile
4	Paraguay
5	Uruguay
	Región Andina
6	Bolivia
7	Colombia
8	Ecuador
9	Perú
10	Venezuela
	América Central y República Dominicana
11	Belice
12	Costa Rica
13	El Salvador
14	Guatemala
15	Honduras
16	Nicaragua
17	Panamá
	América del Norte
18	Canadá
19	Estados Unidos de América
20	México

Lista de cuadros

- Cuadro 0.1 Indicadores de eficiencia en la producción de biodiésel.
- Cuadro 0.2 Algunas características del biodiésel que se mencionan en la literatura.
- Cuadro 0.3 Principales países productores de aceite vegetal.
- Cuadro 0.4 Algunas características de las principales fuentes de aceite para biodiésel.
- Cuadro 0.5 Algunas otras fuentes de aceite con origen en la familia *Arecaceae*.
- Cuadro 0.6 Conversión de aceite a biodiésel.
- Cuadro 0.7 Marcos regulatorios para la mezcla de biocombustibles en algunos países de América.
- Cuadro 1.1 Argentina. Exportaciones de biodiésel en el año 2007.
- Cuadro 1.2 Evolución de la producción de aceites vegetales en Argentina.
- Cuadro 1.3 Fuentes de aceites vegetales en la República Argentina.
- Cuadro 1.4 Producción del complejo sojero en Argentina.
- Cuadro 1.5 Costos de producción y margen económico de la producción de soja.
- Cuadro 1.6 Argentina. Costos de producción y margen económico de la producción de girasol y colza. 2007.
- Cuadro 1.7 Argentina. Proyectos de producción de biodiésel. 2007. Plantas habilitadas y en construcción.
- Cuadro 1.8 Argentina. Proyectos de producción de biodiésel. 2007. Anteproyectos de biodiésel en estudio.
- Cuadro 1.9 Argentina. Proyectos que desarrolla el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) relacionados con el biodiésel.
- Cuadro 1.10 Argentina. Instituciones que realizan investigación relacionada con los biocombustibles.
- Cuadro 1.11 Argentina. Instituciones que realizan investigación relacionada con la producción de biodiésel.
- Cuadro 1.12 Argentina. Instrumentos provinciales de promoción a los biocombustibles.
- Cuadro 1.13 Argentina. Marco Jurídico relevante a la promoción de la inversión productiva.
- Cuadro 1.14 Argentina. Proyecciones de la producción de biodiésel.
- Cuadro 1.15 Argentina. Requerimientos potenciales de materia prima agrícola para la aplicación de la legislación.
- Cuadro 1.16 Argentina. Rendimiento potencial de biodiésel por ha, dependiendo de la materia prima.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 2.1 Producción de biodiésel en Brasil.
- Cuadro 2.2 Brasil. Producción de biodiésel por estado 2005 – 2008 (en miles de litros).
- Cuadro 2.3 Brasil. Empresas productoras de biodiésel.
- Cuadro 2.4 Brasil. Costo de producción de biodiésel por estado.
- Cuadro 2.5 Brasil. Costo de producción de biodiésel según fuente.
- Cuadro 2.6 El balance del aceite en Brasil 2003 – 2008 (millones de toneladas).
- Cuadro 2.7 Brasil. Características básicas de la soja.
- Cuadro 2.8 Balance del aceite de soja en Brasil. (miles de t) 1995/96 – 2008/09.
- Cuadro 2.9 Brasil. Características básicas del girasol.
- Cuadro 2.10 Brasil. Características básicas del algodón.
- Cuadro 2.11 Brasil. Características básicas del maní.
- Cuadro 2.12 Brasil. Características básicas de la mamona.
- Cuadro 2.13 Brasil. Características básicas de la palma de aceite
- Cuadro 2.14 Brasil. Características básicas de la *jatropha*.
- Cuadro 2.15 Brasil. Principales acciones dirigidas a establecer un marco regulatorio.
- Cuadro 3.1 Chile. Principales cultivos oleaginosos en el país. 2008 – 2009 (en hectáreas).
- Cuadro 3.2 Chile. Evolución de la producción de colza.
- Cuadro 3.3 Chile. Evolución de la producción de girasol.
- Cuadro 3.4 Chile. Costos promedio de producción de la materia prima.
- Cuadro 3.5 Chile. Algunas instituciones y proyectos de investigación.
- Cuadro 3.6 Chile. Algunas instituciones y proyectos de investigación, por zona y por provincia.
- Cuadro 3.7 Chile. Valoración del potencial productivo de biodiésel a partir de fuentes vegetales.
- Cuadro 3.8 Producción potencial de biodiésel por materia prima al año 2010(en miles de m³).
- Cuadro 3.9 Chile. Costos promedio de producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima.
- Cuadro 4.1 Paraguay. Emprendimientos en la producción de biodiésel.
- Cuadro 4.2 Paraguay. Producción de grano y aceite por fuente, zafra 2005-2006.
- Cuadro 4.3 Paraguay. Evolución de la producción de soja en los períodos 1995/1996 – 2006/2007.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 4.4 Paraguay. Evolución de la producción de algodón en el período agrícola 1995/1996 – 2006/2007.
- Cuadro 4.5 Paraguay. Evolución de la producción de sésamo durante el período agrícola 1999/2000 – 2006/2007.
- Cuadro 4.6 Paraguay. Evolución de la producción de girasol en el período 2000/2001 – 2006/2007.
- Cuadro 4.7 Paraguay. Evolución de la producción de maní en el período 2000/2001 -2006/2007.
- Cuadro 4.8 Paraguay. Evolución de la producción de tártago en el período 2000/2001 -2006/2007.
- Cuadro 4.9 Paraguay. Costos de producción de los principales cultivos oleaginosos.
- Cuadro 4.10 Paraguay. Evolución de las ventas de derivados de petróleo por PETROPAR en el período 1999-2007 (en miles de litros).
- Cuadro 4.11 Paraguay. Principales usos de la tierra en la Región Oriental. Zafra 2005-2006.
- Cuadro 4.12 Paraguay. Superficie de siembre de los principales rubros agrícolas en la Región Oriental de Paraguay.
- Cuadro 5.1 Uruguay. Rendimiento de biodiésel por hectárea, según la materia prima.
- Cuadro 5.2 Uruguay. Desempeño agrícola del cultivo de soja 1999/2000 – 2007/2008.
- Cuadro 5.3 Uruguay. Desempeño agrícola del cultivo de girasol en los ciclos 1999/2000 – 2007/2008.
- Cuadro 5.4 Uruguay. Ingreso, costo y margen bruto de la producción de soja (US\$/ha).
- Cuadro 5.5 Uruguay. Ingreso, costo y margen bruto de la producción de girasol (en dólares estadounidenses/hectárea).
- Cuadro 5.6 Uruguay. Iniciativas de producción de biodiésel tendientes al mediano plazo.
- Cuadro 5.7 Uruguay. Esquema de inversiones de ANCAP para las plantas de biodiésel en dólares estadounidenses.
- Cuadro 5.8 Uruguay. Instituciones que realizan investigación relacionada con la producción de biodiésel.
- Cuadro 6.1 Bolivia. Estimación del precio final de venta de biodiésel.
- Cuadro 6.2 Bolivia. Cultivo de oleaginosas en zona integrada del departamento de Santa Cruz en el año 2004.
- Cuadro 6.3 Bolivia. Cultivo de oleaginosas en zona de expansión del departamento de Santa Cruz en el 2004.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 6.4 Bolivia. Características de las principales empresas en la industria de procesamiento y exportación de oleaginosas.
- Cuadro 6.5 Bolivia. Área cosechada y producción de soja en el período 2000 – 2007.
- Cuadro 6.6 Bolivia. Área cosechada y producción de girasol en el período 2000 – 2007.
- Cuadro 6.7 Bolivia. Área cosechada y producción de maní en el período 2000 – 2007.
- Cuadro 6.8 Bolivia. Área cosechada y producción de sésamo en el período 2001 – 2006.
- Cuadro 6.9 Bolivia. Costos de producción y rentabilidad de la soja en diferentes sistemas de producción en el 2002.
- Cuadro 6.10 Bolivia. Costos de producción del girasol en diferentes sistemas de producción en el 2002.
- Cuadro 6.11 Bolivia. Entidades de investigación de Santa Cruz relacionadas a la producción de biodiésel.
- Cuadro 6.12 Bolivia. Principales normas que regulan la producción y el consumo de biodiésel.
- Cuadro 6.13 Bolivia. Producción, importación y consumo de diésel *oil* entre enero y diciembre del 2007 (en millones de litros).
- Cuadro 6.14 Bolivia. Producción de torta y aceite crudo de soja en el período 2000 – 2007 (miles de toneladas).
- Cuadro 6.15 Bolivia. Estimación de biodiésel a partir de las exportaciones de aceite crudo de soja en el 2006 (utilizando el parámetro 1).
- Cuadro 6.16 Bolivia. Consistencia de las estimaciones del potencial de biodiésel en el 2006.
- Cuadro 7.1 Colombia. Situación actual de las plantas de producción de biodiésel.
- Cuadro 7.2 Colombia. Rendimiento de las principales fuentes vegetales por tipo de cultivo.
- Cuadro 7.3 Colombia. Costos de producción de fruto y de extracción de aceite de palma (2003 – 2007).
- Cuadro 7.4 Colombia. Producción y rendimientos de palma (2001 – 2008).
- Cuadro 7.5 Colombia. Evolución de las exportaciones y de los precios de aceite crudo de palma (ACP) 1999 – 2007.
- Cuadro 7.6 Colombia. Principales instituciones y proyectos de investigación y desarrollo en materia de biodiésel.
- Cuadro 7.7 Colombia. Descripción de las principales acciones de política.

Lista de cuadros (continuación)

Cuadro 7.8	Colombia. Descripción de las principales regulaciones vigentes en el país.
Cuadro 7.9	Colombia. Estimación de la participación de mercado para el aceite de palma en el escenario 2008-2011 (miles de toneladas).
Cuadro 7.10	Colombia. Empleo actual y estimado en función del área potencial de palma aceitera.
Cuadro 7.11	Colombia. Demanda de biodiésel en función de la mezcla.
Cuadro 7.12	Rendimiento de biodiésel por fuente de origen.
Cuadro 8.1	Ecuador. Estructura del costo de producción biodiésel.
Cuadro 8.2	Ecuador. Comparación de precios de diferentes biocombustibles, en el proyecto ERGAL.
Cuadro 8.3	Ecuador: Evolución de la superficie y la producción de palma.
Cuadro 8.4	Participación en la producción mundial de aceite de palma.
Cuadro 8.5	Ecuador. Programas para impulsar la producción y uso del biodiésel.
Cuadro 8.6	Ecuador. Descripción de los principales centros de investigación y sus proyectos.
Cuadro 8.7	Ecuador. Descripción de las principales regulaciones existentes en el país.
Cuadro 8.8	Ecuador. Precios unitarios de las importaciones de diésel 2004 al 2009.
Cuadro 8.9	Ecuador. Fuentes potenciales de biodiésel de origen vegetal.
Cuadro 8.10	Ecuador. Rendimiento de biodiésel por fuente de origen (l/ha).
Cuadro 9.1	Perú. Área en producción, crecimiento y semilla (vivero) de palma aceitera.
Cuadro 9.2	Perú. Capacidad instalada y proyectada para la producción de biodiésel en la que se utiliza el aceite de palma como materia prima.
Cuadro 9.3	Perú. Plantas pilotos extractoras de biodiésel en Perú.
Cuadro 9.4	Perú. Rendimiento real y potencial de diferentes cultivos oleaginosos.
Cuadro 9.5	Perú. Costo de producción de palma aceitera en US\$ / ha.
Cuadro 9.6	Perú. Costo de instalación de 1ha de piñón en el departamento de Cajamarca.
Cuadro 9.7	Perú. Costo de producción de soja por hectárea.
Cuadro 9.8	Perú. Costo de producción de la colza.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 9.9 Perú. Costo de producción de *Sacha Inchi* (siembra directa y tutores vivos).
- Cuadro 9.10 Perú. Descripción de algunos emprendimientos relacionados a la producción de biodiésel.
- Cuadro 9.11 Perú. Descripción de instituciones que realizan investigación relacionada con el biodiésel.
- Cuadro 9.12 Perú. Consumo de productos derivados de petróleo en el período 1999 – 2008 (miles de barriles / día).
- Cuadro 9.13 Perú. Superficie potencial para la siembra de palma aceitera.
- Cuadro 9.14 Perú. Eficiencia de diferentes cultivos en la producción de biodiésel.
- Cuadro 10.1 Belice. Ranking de principales cultivos en el país.
- Cuadro 10.2 Belice. Instituciones que realizan investigación sobre la producción de biodiésel.
- Cuadro 11.1 Perfil del conglomerado de biodiésel en Costa Rica.
- Cuadro 11.2 Costa Rica. Superficie de siembra y productividad agrícola, según eje de desarrollo (2004).
- Cuadro 11.3 Costa Rica. Producción de palma y aceite de palma.
- Cuadro 11.4 Costa Rica. Estructura agrícola de la palma aceitera en el 2006.
- Cuadro 11.5 Costa Rica. Capacidad de la industria aceitera.
- Cuadro 11.6 Costa Rica. Proyectos sobre energía de la UCR.
- Cuadro 11.7 Costa Rica: Algunas iniciativas agroenergéticas, públicas y privadas.
- Cuadro 12.1 El Salvador. Empresas involucradas en la producción de biodiésel.
- Cuadro 12.2 El Salvador. Costo de producción del cocotero cosecha: 2005-2006.
- Cuadro 12.3 El Salvador. Descripción de iniciativas relacionadas con la producción de biodiésel.
- Cuadro 13.1 Guatemala. Productores de biodiésel en el país en el 2007.
- Cuadro 13.2 Guatemala. Rendimiento esperado de diferentes cultivos oleaginosos.
- Cuadro 14.1 Honduras. Producción estimada de aceite de palma por región.
- Cuadro 14.2 Honduras. Rendimiento de palma africana por región.
- Cuadro 14.3 Honduras. Importación y consumo de diésel 2000 – 2008 (en miles de millones de litros).
- Cuadro 14.4 Honduras. Empresas dedicadas a la extracción de aceite de palma.
- Cuadro 14.5 Honduras. Proyecto piloto de palma aceitera. Distribución del área de siembra por zonas y valles (en miles de hectáreas).
- Cuadro 15.1 Nicaragua. Rendimiento de los diferentes cultivos.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 16.1 Panamá. Rendimientos en aceite y biodiésel de diferentes fuentes.
- Cuadro 17.1 República Dominicana. Superficie potencial de cultivos agroenergéticos para la obtención de aceite de materia prima.
- Cuadro 17.2 República Dominicana. Costos de producción agrícola de cultivos oleaginosos para la producción biodiésel.
- Cuadro 17.3 República Dominicana. Consumo de diésel por sector económico actual (2002 - 2005) y proyectado (2010 y 2015) en miles de millones de litros.
- Cuadro 17.4 República Dominicana. Producción potencial estimada de aceite con origen en higuera y piñón.
- Cuadro 18.1 Canadá. Capacidad instalada de biodiésel, en producción y en construcción durante el 2007.
- Cuadro 18.2 Canadá. Superficie de cultivos oleaginosos en el 2008.
- Cuadro 18.3 Canadá. Evolución de la producción de canola (1999 - 2000 / 2007 - 2008).
- Cuadro 18.4 Canadá. Evolución de la producción de soja (1998 - 1999 / 2007 - 2008).
- Cuadro 18.5 Canadá. Evolución de la producción lino. (1999 - 2000 / 2007 - 2008).
- Cuadro 18.6 Canadá. Evolución de la producción de girasol. (1998 - 1999 / 2007 - 2008).
- Cuadro 18.7 Canadá. Costos promedio de producción para colza y soja (CAN \$ / ha).
- Cuadro 18.8 Canadá. Costos unitarios de producción para canola y soja (CAN\$ / ha).
- Cuadro 18.9 Canadá. Ensayos de producción de biodiésel o proyectos en curso (2008).
- Cuadro 18.10 Canadá. Descripción de algunos proyectos para la producción de biodiésel.
- Cuadro 18.11 Canadá. Potencial de incremento en la producción de canola.
- Cuadro 18.12 Canadá. Producción promedio de biodiésel por tipo de materia prima.
- Cuadro 18.13 Canadá. Desempeño histórico del procesamiento de canola (miles de toneladas).
- Cuadro 19.1 EE.UU. Costo de producción del biodiésel de acuerdo con la materia prima.
- Cuadro 19.2 EE.UU. Producción y exportaciones de aceite (millones de t).
- Cuadro 19.3 EE.UU. Producción de oleaginosas y aceite vegetal. 1995 - 2007.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 19.4 EE.UU. Principales cultivos oleaginosos en el país.
- Cuadro 19.5 EE.UU. Soja. Área cosechada, rendimiento y producción. 1995 – 2007.
- Cuadro 19.6 EE.UU. Algodón. Área sembrada y cosechada, rendimiento y producción. 2002 – 2008.
- Cuadro 19.7 EE.UU. Girasol. Área sembrada y cosechada, rendimiento y producción. 2002 – 2008.
- Cuadro 19.8 EE.UU. Producción de aceite de girasol. 2002 – 2008 (en miles de toneladas).
- Cuadro 19.9 EE.UU. Lino. Áreas sembradas y cosechadas, rendimiento y producción en el período 2002 – 2008.
- Cuadro 19.10 EE.UU. Producción de aceite de lino. 2001 – 2008 (en miles de t).
- Cuadro 19.11 EE.UU. Colza. Áreas sembradas, cosechadas, rendimiento y producción en el período 2001 – 2007.
- Cuadro 19.12 EE.UU. Producción de aceite de colza. 2001 – 2008 (miles de t).
- Cuadro 19.13 EE.UU. Maní. Áreas sembradas, cosechadas, rendimiento y producción. 2001 – 2007.
- Cuadro 19.14 EE.UU. Precios y costos de diferentes materias primas en la producción de biodiésel 1996 – 2007.
- Cuadro 19.15 Algunos ejemplos de emprendimientos en los Estados Unidos.
- Cuadro 19.16 EE.UU. Descripción de algunas regulaciones.
- Cuadro 19.17 EE.UU. Consumo estimado por tipo de combustible en el período 2003 -2006.
- Cuadro 20.1 México. Importaciones de aceite.
- Cuadro 20.2 México. Superficie con los principales cultivos oleaginosos en el 2008.
- Cuadro 20.3 México. Evolución de la producción de copra en el período 2002 – 2008.
- Cuadro 20.4 México. Evolución de la producción de cártamo en el período 2002-2008.
- Cuadro 20.5 México. Evolución de la producción de algodón en el período 1995 – 2008.
- Cuadro 20.6 México. Evolución de la producción de soja.
- Cuadro 20.7 México. Evolución de la producción de maní.
- Cuadro 20.8 México. Evolución de la producción de ajonjolí en el período 1995 2008.
- Cuadro 20.9 México. Evolución de la producción de palma aceitera 2000 – 2008.

Lista de cuadros (continuación)

- Cuadro 20.10 México. Estimación de costos promedio de la materia prima en función del desempeño agroindustrial. 2007.
- Cuadro 20.11 México. Instituciones y proyectos de investigación.
- Cuadro 20.12 México. Proyectos para la producción de insumos bioenergéticos.
- Cuadro 20.13 Consumo diario de diésel en México.
- Cuadro 20.14 México. Cultivos potenciales para la producción de biodiésel.

Lista de figuras

- Figura 0.1 Marco general de referencia para la elaboración del atlas.
- Figura 0.2 Proceso de transesterificación del aceite.
- Figura 0.3 Producción actual y capacidad de producción de biodiésel en el mundo en el período 2002 - 2008.
- Figura 0.4 Estructura típica de los costos de producción del biodiésel.
- Figura 0.5 Producción mundial de aceite vegetal 1996- 2008.
- Figura 0.6 Composición de la oferta de aceite vegetal por fuente.
- Figura 0.7 Producción mundial de aceite de soja y de palma
- Figura 1.1 Argentina. Evolución del área sembrada y la producción de soja.
- Figura 1.2 Argentina. Estructura del consumo de combustibles fósiles para transporte 2007.
- Figura 2.1 Evolución de la producción de biodiésel en Brasil (2005 - 2008).
- Figura 2.2 Brasil. Evolución de la demanda, capacidad de producir y producción de biodiésel. 2007 -2008.
- Figura 2.3 Brasil. Localización geográfica de las unidades productoras de biodiésel.
- Figura 2.4 Evolución de la producción de aceite vegetal en Brasil, 2003 - 2008.
- Figura 2.5 Exportaciones de aceite vegetal en Brasil, 2003 - 2008.
- Figura 2.6 Brasil. Principales fuentes de aceite para biodiésel.
- Figura 2.7 Brasil. Producción de la soja en los períodos 1976/77 - 2008/09.
- Figura 2.8 Brasil. Evolución de la superficie de la soja en los períodos 1976/77 - 2008/09.
- Figura 2.9 Brasil. Evolución de la producción de aceite de soja.
- Figura 2.10 Brasil. Evolución del precio del aceite de soja en el período 2001 -2008.
- Figura 2.11 Brasil. Evolución de la producción del girasol. 1997/98 - 2008/09.
- Figura 2.12 Brasil. Evolución de la superficie del girasol 1997/98 - 2008/09.
- Figura 2.13 Brasil. Evolución de los precios del girasol en los períodos 2001/02 - 2007/08.
- Figura 2.14 Brasil. Evolución de la producción de algodón en los períodos 1976/77 - 2008/09.
- Figura 2.15 Brasil. Evolución de la superficie de algodón en los períodos 1976/77 - 2008/09.
- Figura 2.16 Brasil. Evolución de los precios de algodón en los períodos 2001/02 - 2007/08.
- Figura 2.17 Brasil. Evolución de la producción de maní en los períodos 1976/77 - 2008/09.

Lista de figuras (continuación)

- Figura 2.18 Brasil. Evolución de la superficie de maní en los períodos 1976/77 - 2008/09.
- Figura 2.19 Brasil. Evolución del precio maní en los períodos 2001/02 - 2007/08.
- Figura 2.20 Brasil. Evolución de la producción de mamona.
- Figura 2.21 Brasil. Evolución de la superficie de mamona.
- Figura 2.22 Brasil. Evolución del precio de mamona en los períodos 2001/02 - 2007/08.
- Figura 2.23 Brasil. Evolución de la producción de palma aceitera en el período 1961 - 20078.
- Figura 2.24 Brasil. Evolución de la superficie de palma aceitera en el período 19611 - 2007.
- Figura 2.25 Brasil. Evolución de los precios de palma aceitera en los períodos 2001/02 - 2007/08.
- Figura 3. 1 Chile. Evolución de la superficie sembrada de colza.
- Figura 3.2 Chile. Evolución de la superficie sembrada con girasol.
- Figura 3.3 Chile. Matriz energética primaria en el 2007 y en el 2008.
- Figura 3.4 Chile. Evolución del consumo de diésel 1996 - 2008 (millones de m3).
- Figura 3.5 Chile. Proyección de consumo de diésel y gasolina por sector, 2007-2030 (teracalorías).
- Figura 4.1 Paraguay. Distribución de la superficie de siembra de cultivos oleaginosos (ciclo de cultivo 2006 / 2007).
- Figura 4.2 Paraguay. Evolución de la producción de soja en los períodos 1995/1996 - 2006/2007.
- Figura 4.3 Paraguay. Principales destinos de uso de la producción agrícola de soja en el período 2005-2006.
- Figura 4.4 Paraguay. Evolución de la producción de algodón en los períodos 1995/96 - 2006/07.
- Figura 4.5 Paraguay. Evolución de la producción de sésamo en los períodos 1999/2000 - 2006/2007.
- Figura 4.6 Paraguay. Evolución de la producción de girasol 2000/2001 - 2006/2007.
- Figura 4.7 Paraguay. Evolución de la producción de maní 2000/2001 - 2006/2007.
- Figura 4.8 Paraguay. Evolución de la superficie cultivada con tártago en el período 2000/01 -2006/2007.
- Figura 4.9 Paraguay. Mapa de ubicación de industrias productoras de biodiésel.
- Figura 4.10 Matriz energética del Paraguay en el 2007.

Lista de figuras (continuación)

- Figura 4.11 Paraguay. Patrón de consumo diario para algunos derivados de petróleo comercializados por PETROPAR en el período 1999 - 2007 (en miles de millones de litros).
- Figura 5.1 Uruguay. Desempeño de la superficie de siembra de soya en los ciclos 1999/2000 - 2008/2009.
- Figura 5.2 Uruguay. Mapa del conglomerado de biodiésel.
- Figura 5.3 Uruguay. Etapas del proceso industrial.
- Figura 5.4 Uruguay. Programación de adquisiciones de ANCAP para las plantas de biodiésel.
- Figura 5.5 Uruguay. Composición del consumo final energético de gasoil (2007 = 787,6 ktep).
- Figura 5.6 Uruguay. Ventas de gasoil en estaciones de servicio en el período 2004 - 2009 (millones de litros).
- Figura 6.1 Bolivia. Participación histórica de cultivos oleaginosos en el período 2000 - 2007.
- Figura 6.2 Bolivia. Áreas que cuentan con riego, según cultivos. Campañas de verano en el departamento de Santa Cruz (en hectáreas).
- Figura 6.3 Bolivia. Participación histórica en la comercialización de hidrocarburos en el período 1998 - 2007.
- Figura 6.4 Bolivia. Consumo anual de diésel en el período 1998 - 2007 (en miles de millones de litros).
- Figura 6.5 Bolivia. Valor de las importaciones de diésel en el período 2001 - 2008 (millones de dólares estadounidenses).
- Figura 7.1 Colombia. Distribución de la superficie de cultivo de palma aceitera por zona (2001 - 2008).
- Figura 7.2 Colombia. Evolución de la superficie de cultivo de palma aceitera en el período 2001 - 2008 (en miles de hectáreas).
- Figura 7.3 Colombia. Costos de producción de fruto y de extracción de aceite de palma en el período 2003 - 2007 (en dólares estadounidenses por tonelada).
- Figura 7.4 Colombia. Desempeño de la producción de aceite crudo de palma en el período 1995 - 2008 (miles de toneladas).
- Figura 7.5 Colombia. Consumo mensual de diésel en el período 2003 - 2008 (miles de barriles / día calendario).
- Figura 7.5 Colombia. Demanda proyectada de biodiésel en el período 2008 - 2020 (miles de toneladas).

Lista de figuras (continuación)

- Figura 8.1 Ecuador. Desempeño de las exportaciones de aceite de palma 2000 - 2007 (miles de toneladas).
- Figura 8.2 Ecuador. Evolución de los excedentes de producción de aceite de palma 2000 - 2007 (porcentaje de excedentes con respecto a la producción total).
- Figura 8.3 Ecuador. Venta nacional de diésel en el período 2000 - 2006 (en millones de barriles).
- Figura 8.4 Ecuador. Participación histórica 2000 - 2006 por sector en las ventas nacionales de diésel.
- Figura 9.1 Perú. Estrategia energética del Gobierno Peruano.
- Figura 9.2 Perú. Consumo diario de productos derivados de petróleo en el período 1999 - 2008. Proyección 2009 - 2010 (miles de barriles/día).
- Figura 9.3 Perú. Importancia del diésel en la demanda de combustibles en el año 2010.
- Figura 9.4 Perú. Áreas potenciales para el desarrollo de palma aceitera.
- Figura 9.5 Perú. Áreas potenciales para el desarrollo de piñón.
- Figura 9.6 Perú. Área adicional necesaria para una mezcla de biodiésel del 5%.
- Figura 9.7 Perú. Rendimiento (litros /ha) de materia prima para la producción del biodiésel.
- Figura 9.8 Perú. Rendimiento de la materia prima (biodiésel en relación al aceite).
- Figura 11.1 Costa Rica. Evolución de la superficie de siembra de palma aceitera 1950 - 2007.
- Figura 11.2 Costa Rica. Exportaciones de aceite de palma y sus fracciones. Período 2001 - 2008 (miles de toneladas).
- Figura 11.3 Costa Rica. Ubicación geográfica de algunos proyectos de biocombustibles.
- Figura 11.4 Costa Rica. Consumo de diésel 2000 - 2006 (millones de litros).
- Figura 11.5 Costa Rica. Proyección de demanda de biodiésel. Escenario medio. Período 2008 - 2026 (millones de litros).
- Figura 11.6 Costa Rica. Mapa de aptitud de uso de los suelos de Costa Rica para el cultivo de la palma aceitera.
- Figura 12.1 El Salvador. Ventas de diésel 2004 - 2009 (miles de millones de litros).
- Figura 12.2 El Salvador. Consumo de diésel. Participación histórica 2004 - 2009 por sector.
- Figura 13.1 Guatemala. Consumo histórico de diésel (miles de litros).
- Figura 14.1 Honduras. Costos agrícolas estimados de *Jatropha curcas* (US\$/ha, año 2008).

Lista de figuras (continuación)

- Figura 14.2. Honduras. Consumo de diésel por sector en el 2008 (consumo total= 873,8 miles de millones de litros).
- Figura 15.1. Nicaragua. Costos agrícolas de establecimiento (año 0) y mantenimiento (año 1 a 25) de una plantación de palma aceitera (US\$/ año).
- Figura 15.2. Nicaragua. Consumo de diésel por sectores de actividad económica en el año 2008 (consumo total de 477,2 millones de litros).
- Figura 15.3. Nicaragua. Consumo diario de diésel en el período 1999 - 2008.
- Figura 15.4. Nicaragua. Zonificación de cultivos bioenergéticos.
- Figura 17.1. República Dominicana. Consumo de diésel: Histórico 2002-2007 y proyectado 2010 y 2015.
- Figura 17.2. República Dominicana. Participación del consumo de diésel por sector.
- Figura 19.1. EE.UU. Evolución de la producción de biodiésel en el período 1999 - 2007.
- Figura 19.2. EE.UU. Evolución de la producción de aceite de soja.
- Figura 20.1. México. Costos de la producción de biodiésel.
- Figura 20.2. México. Crecimiento de la importación de aceite.
- Figura 20.3. México. Evolución de la superficie cultivada con diferentes fuentes de aceite copra, algodón, soya y cártamos en el período 2000 - 2008 (miles de ha).
- Figura 20.4. México. Evolución de la superficie cultivada con diferentes fuentes ajonjolí, maní y palma en el período 2000 - 2008 (miles de ha).
- Figura 20.5. México. Pronóstico de oferta y demanda de diésel en el período 2006 - 2014 (miles de barriles / día).
- Figura 20.6. México. Demanda de biodiésel para los escenarios propuestos de mezcla (millones de barriles por día).
- Figura 20.7. México. Superficie requerida para la producción de biodiésel al 2014 a partir de diferentes cultivos (millones de hectáreas).

Lista de siglas

AABH	Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno
ACP	Aceite Crudo de Palma
ACPM	Aceite Combustible Para Motores
ACR	Asociación Promotora de Combustibles Renovables de Guatemala
ADRA	Agencia de Desarrollo y Recursos Asistenciales
AEA	Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica
AGL	Ácidos Grasos Libres
AGROIPSA	Agroindustria Piñón S.A.
ALUR	Alcoholes del Uruguay
AMUNIC	Asociación de Municipios de Nicaragua
ANAPO	Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo, Bolivia
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland, Uruguay
ANCUPA	Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana, Ecuador
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Brasil
AOM	Advance Material Organics
APE	Alianzas Productivas Estratégicas
ARDD	Alberta Renewable Diésel Demonstration
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ARS	Agricultural Research Service / Servicio Agrícola de Investigación
ASAGIR	Asociación Argentina de Girasol
ASD	Agricultural Services & Development
ASTM	American Society of Testing and Materials / Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BROU	Banco de la República Oriental del Uruguay
CADELPA	Cámara Algodonera del Paraguay
CAICO	Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa S.A
CAINCO	Cámara de Industria, Comercio, Servicios y Turismo de Santa Cruz-Bolivia
CAN	Comunidad Andina
CANAPALMA	Cámara Nacional de Productores de Palma
CAPECO	Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas
CAPRO	Cámara de Procesadores de Oleaginosas. Paraguay
CATA	Centro Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
CCC	Commodity Corporation Credit
CDC	Consejo Departamental de Competitividad de Cochabamba
CENIPALMA	Centro de Investigación en Palma de Aceite, Colombia
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, de la Universidad Don Bosco, El Salvador
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIARA	Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina
CIAT	Centro de Investigación Agrícola Tropical, Colombia

CIF	Centro Internacional de Física
CIGI	Canadian International Grains Institute Biodiésel Technology
CIPCA	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado
CIRAD	Centro para la Cooperación Internacional en la Investigación Agrícola para el Desarrollo
CND	Corporación Nacional para el Desarrollo
CNPE	Consejo Nacional de Política Energética, Brasil
COCEPU	Comité Central de Palmicultores de Ucayali
COHEP	Consejo Hondureño de la Empresa Privada
COMIECO	Consejo de Ministros de Integración Centroamericana
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento, Brasil
CONAM	Consejo Nacional del Medio Ambiente
CONAPAL	Confederación Nacional de Palmicultores y Empresas de Palma Aceitera, Perú
CONAPROLE	Cooperativa Nacional de Productores de Leche, Uruguay
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social, Colombia
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
COUSA	Compañía Oleaginosa Uruguaya SA
DEVIDA	Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas
DGTCC	Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles
DIA	Dirección de Investigación Agrícola. Paraguay
DIEA	Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
DIPA	Dirección de Investigación y Producción Animal, Paraguay
DNET	Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear, Uruguay
DOE	Department of Energy
EBR	Empresa Boliviana de Refinación
ECOPETROL	Empresa Colombiana de Petróleo
ECOSOC	Economic and Social Council
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Brasil
ENEL	Empresa Nicaragüense de Electricidad
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ERGAL	Energía Renovable para Galápagos, Ecuador
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FEDEPAL	Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional, Ecuador
FEDEPALMA	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Colombia
FEPASIDIAS	Federación Paraguaya de Siembra Directa para una Agricultura Sustentable
FFPB	Fondo de Fomento de la Producción de Biocombustibles
FHIA	Fundación Hondureña de Investigación Agrícola
FIA	Fundación para la Innovación Agraria
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Costa Rica
FONBIO	Fondo para la Promoción y Fomento de los Biocombustibles

FUNDER	Fundación para el Desarrollo Empresarial Rural
GAC	Gravamen arancelario consolidado
GLP	Gas licuado de petróleo
GNC	Gas natural comprimido
GNV	Promoción del gas natural vehicular
GTL	Gas a líquido
GTZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IDA	Instituto de Desarrollo Agrario
IDIAF	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
IEA	International Energy Agency / Agencia Internacional de Energía
IEOTA	Incubadora de empresas de base tecnológica de Antioquia
IEPS	Impuesto especial sobre producción y servicios
IIBI	Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INA	Instituto Nacional Agrario
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INCAPE	Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica, de la Universidad Nacional del Litoral, Argentina
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Costa Rica
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina
IRAM	Instituto Argentino de Normalización
ITCA	Instituto Tecnológico Centroamericano
ITDG	Intermediate Technology Development Group
IVA	Impuesto al Valor Agregado
JIA	Junta Interamericana de Agricultura
LNG	Micro gas natural licuado
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MDRAYMA	Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, Bolivia
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay

MIC	Ministerio de Industria y Comercio
MIFIC	Ministerio de Fomento, Industria y Comercio
MINAE	Ministerio del Ambiente y Energía
MME	Ministerio de Minas y Energía
MTC	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
MVOTMA	Ministerio Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
NANDINA	Nomenclatura Común de los Países Miembros del Acuerdo de Cartagena
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Chile
OEA	Proyecto de Investigación de Agrosilvicultura
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OLAMSA	Oleaginosas Amazónicas S.A.
OPD	Organismo público descentralizado
OPP	Oficina de Planificación y Presupuesto
OPyPA	Oficina de Programación y Política Agropecuaria, Uruguay
PACSOA	Palm and Cycad Societies of Australia
PALCASA	Palmares de El Castillo S.A.
PALMASA	Proveedores de Palma y Aceite S.A.
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PETROECUADOR	Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador
PETRONIC	Empresa Nicaragüense de Petróleo
PETROPAR	Petróleos Paraguayos
PIB	Producto interno bruto
PKO	Palm kernel oil
PNAB	Política Nacional de Agroenergía y Biocombustibles
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNPB	Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel
PROBIOCOM	Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles
PROCISUR	Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur
PROGEA	Programa de Gestión y Economía Ambiental
PROINVERSIÓN	Promoción de la Inversión-
PTA	Parque Tecnológico de Antioquía
Pymes	Pequeñas y medianas empresas
RAAS	Región Autónoma del Atlántico Sur
RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo
REDIEX	Red de Importaciones y Exportaciones
RFB	Receita Federal do Brasil
RSPO	Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma sostenible
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SAGPyA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Argentina
SBI	Sistema Boliviano de Innovación
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SECyT	Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina

SENACYT	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SENER	Secretaría de Energía
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIC	Secretaría de Industria y Comercio
SIFORESTAL	Sistema de Información Forestal de la Amazonía Peruana
SII	Servicio de Impuestos Internos
SNV	Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo
SSEPyMEyDR	Subsecretaría de Pequeñas y Medianas Empresas y Desarrollo
TLC	Tratado de libre comercio
TMC	Tasa media de cambio
TSDF	Fundación de Desarrollo y Estudios Tropicales
UAEM	Universidad Autónoma del Estado de México
UBA	Universidad de Buenos Aires
UCA	Central American University
UCR	Universidad de Costa Rica
UE	Unión Europea
UFCo	United Fruit Company
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
UNICEN	Universidad Nacional del Centro, Argentina
UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética, del Ministerio de Minas y Energía, Colombia
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
UTB	Unidad Técnica de Biocombustibles
UTP	Universidad Tecnológica de Panamá
WBCSD	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
WCMC	Centro Mundial para el Monitoreo de la Conservación
WIPO	World Intellectual Property Organization

Reconocimientos

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) brinda un especial reconocimiento a quienes participaron en la compilación, redacción, edición y publicación de este Atlas de Biodiésel, principalmente a las Oficinas de los Estados Miembros del Instituto.

Asimismo, se reconoce la contribución de instituciones y organismos intergubernamentales, por en el suministro de información a través de documentos de trabajo, presentaciones, publicaciones, foros y otros eventos de difusión sobre el tema, que permitieron el acceso al conocimiento y a la experiencia acumulada en el campo de la agroenergía y los biocombustibles, entre ellos: la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ); la Agencia Internacional de Energía; el SNV Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, la Agencia Internacional de Energía (IEA); y la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Por su parte, se agradece la atención oportuna de las instituciones de gobierno de cada uno de los Estados Miembros de la comunidad interamericana, quienes brindaron el material solicitado para la sistematización de información relevante y pertinente, entre ellas: ministerios de agricultura y de energía, institutos y centros de investigación y desarrollo, dependencias de hidrocarburos, comisiones y equipos interinstitucionales e intersectoriales en biocombustibles, y centros académicos.

También se reconoce el esfuerzo de organizaciones agroempresariales y agrupaciones de productores en cada uno de los países del hemisferio, por los emprendimientos realizados en biocombustibles, particularmente en biodiésel. Ellas demuestran que los desafíos han sido asumidos ante el nuevo escenario visualizado en torno a la gestión de oportunidades para las comunidades rurales de América.

El origen de muchos de los datos estadísticos del sector productivo de oleaginosas en América proviene de las asociaciones y agrupaciones agroempresariales del sector de oleaginosas de América, las cuales se citan a continuación:

- Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno (AABH).
- Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA).
- *Canola Council of Canada*.
- Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, México.
- Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO), Bolivia.
- Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA), Ecuador.
- Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas, CAPECO.
- Cámara de Procesadores de Oleaginosas (CAPRO), Paraguay.
- Confederación Nacional de Palmicultores y Empresas de Palma Aceitera (CONAPAL), Perú.

- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA), Colombia.
- Cámara Nacional de Productores de Palma (CANAPALMA), Costa Rica.
- Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional (FEDEPAL), Ecuador.

Las redes de gestión del conocimiento y de cooperación técnica horizontal también contribuyeron con los datos estadísticos consignados en esta publicación:

- Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles.
- Red de Coordinación de Políticas agropecuarias (REDPA) del Consejo Agropecuarios del Sur.
- Programa Cooperativo de Innovación Tecnológica Agropecuaria para la Región Andina (PROCIANDINO).
- Programa Cooperativo de Investigación, Desarrollo e Innovación para los Trópicos Suramericanos (PROCITRÓPICOS).
- Red de investigación, desarrollo e innovación de *Jatropha curcas* L. para producción de biodiésel en América Latina y Caribe (Red Jatropha LAC).

En todos los casos, se refieren los datos suministrados por cada una de las dependencias u organismos que brindaron información, así como el material utilizado para la compilación y sistematización del Atlas de Biodiésel.

La labor de sistematización y análisis de la información documental y estadística recibida de las Oficinas de los Estados Miembros fue realizada por el consultor Gustavo Saín, quien elaboró y entregó un documento preliminar que posteriormente fue sometido al proceso de publicación del IICA.

Presentación

La presente publicación corresponde a la continuación del proceso de sistematización de información sobre los temas de agroenergía y biocombustibles en las Américas, cuyo primer paso fue la publicación del “Atlas de etanol”.

La elaboración del “Atlas de biodiésel” constituye una de las solicitudes explícitas de la Junta Interamericana de Agricultura (JIA) del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en la Res. 410(XIII-O/05), donde se resuelve que: “el IICA actúe como plataforma de cooperación hemisférica para aprovechar las exitosas experiencias en agroenergía de países de la región que producen alcohol de caña de azúcar y otros biocombustibles.”

Con la presente publicación, se espera difundir conocimientos y experiencias que permitan al lector formarse un panorama amplio (no especializado, pero bien fundamentado) sobre la situación actual y las perspectivas del biodiésel en los países de América. Asimismo, este documento sea de consulta a los actores públicos y privados, y que a su vez contribuya a comprender y asumir el desafío del desarrollo de la agroenergía y los biocombustibles.

El Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles, se suma a la Declaración de Compromiso de Puerto España, en la Quinta Cumbre de las Américas 2009, en la cual se reconoce que la energía es un recurso esencial para mejorar el nivel de vida de nuestros pueblos y que su acceso es de primordial importancia para el crecimiento económico con equidad e inclusión social.

El documento fue estructurado de la siguiente forma: a) un capítulo introductorio, donde se incluye el marco de referencia del atlas, su organización y las principales fuentes de información; b) un capítulo general sobre la evolución reciente de la producción, comercialización y consumo de biodiésel y los avances alcanzados en el hemisferio; y c) un capítulo seccionado en cuatro partes (Cono Sur, Región Andina, América Central y República Dominicana, y América del Norte), donde se incluye una descripción particular acerca de las políticas de estado de los países, la existencia y características del marco institucional y normativo, la situación en materia de investigación y desarrollo, y el grado de involucramiento e interés de los sectores privado y público.

Una base de datos de cultivos oleaginosos estará disponible en el sitio *web* del Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles:

<http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/Agroenergia/Paginas/default.aspx>

Se agradece y se brinda un reconocimiento a las Oficinas del IICA en cada uno de los Estado Miembros de nuestra comunidad interamericana, pues a través de ellas se ha logrado la elaboración, edición y puesta en marcha de esta publicación.

Introducción

1. Marco de referencia

Para analizar y organizar la información disponible, suministrada por los países y suplementada de otras fuentes, se adoptó un marco de referencia basado en el concepto de cadena de producción y se reconocieron cuatro grandes sectores interrelacionados (Figura 0.1).

- a. Un sector productor del aceite, materia prima fundamental para la obtención del biodiésel, el cual comprende dos subcomponentes: un subsector de producción de las fuentes, vegetales y animales, de aceite, y otro subsector que transforma la fuente en aceite.
- b. Un sector de producción de biodiésel, en el cual se procesa el aceite para la producción de biodiésel.
- c. Un sector de mercado de biodiésel, donde se documenta el consumo aparente de biodiésel a nivel nacional, definido como consumo + (importaciones - exportaciones).
- d. El marco legal y regulatorio, fundamental para el funcionamiento de la industria de producción y consumo sostenible de biodiésel.

En la Figura 0.1 también se ilustran algunos indicadores de eficiencia del proceso de conversión de la materia prima a biodiésel. Estos indicadores, que se presentan de forma resumida en el Cuadro 0.1, son útiles para la determinación de las oportunidades y debilidades de los países en la producción de biodiésel como fuente alternativa de energía. Específicamente, el quinto y último es un indicador sintético que resume la eficiencia de todo el proceso. Su valor, frecuentemente citado en la literatura, depende de diversos factores que fluctúan entre países. En este atlas, hasta donde la información disponible lo permitió, se examinan los principales factores que determinan este valor.

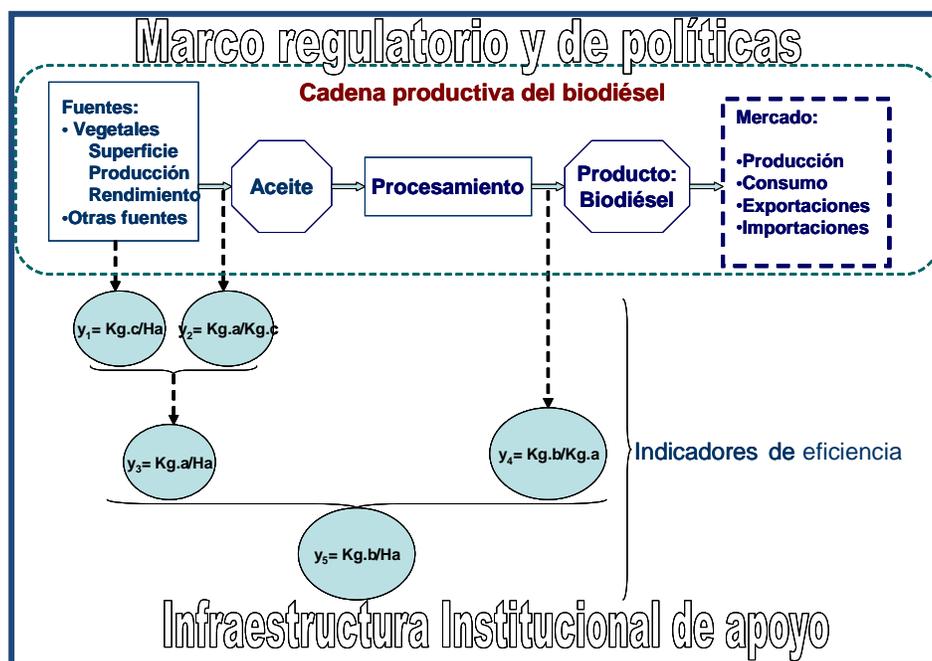
Cuadro 0.1. Indicadores de eficiencia en la producción de biodiésel.

Indicador	Significado	Características
1. $y_1 = \text{Kgc} / \text{Ha}$	Eficiencia de la producción de las fuentes vegetales de aceite (cultivos oleaginosos) expresada en términos de la productividad de la tierra.	Variable para cada país y cultivo.
2. $Y_2 = \text{Lta} / \text{Kgc}$	Eficiencia del cultivo en la producción de aceite expresado en litros de aceite por kilogramo o tonelada de cultivo.	Variable por cultivo. Relativamente constante por país.

3. $Y_3 = Lt_a/Ha$	Eficiencia del recurso tierra en términos de los litros de aceite producidos por unidad de tierra.	Variable para cada país y cultivo. Importante para ventajas competitivas.
4. $y_4 = Lt_b/Lt_a$	Eficiencia de la transformación del aceite en biodiésel expresada en la cantidad de biodiésel que se obtiene por litro de aceite.	Variable por cultivo. Relativamente constante por país.
5. $Y_5 = Lt_b/Ha$	Eficiencia del recurso tierra para la producción de biodiésel, expresada en la cantidad de biodiésel por unidad de tierra.	Variable para cada país y cultivo. Importante para ventajas competitivas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 0.1. Marco general de referencia para la elaboración del atlas



Fuente: Elaboración propia.

2. Organización del atlas

El atlas se organiza en dos partes. En la primera parte se describen aspectos generales de carácter hemisférico, que por su aplicación se relacionan con la producción de biodiésel. En la segunda parte del atlas se describe la situación de la cadena de producción de biodiésel para cada uno de los países del continente americano. A continuación se presenta el contenido de cada parte.

Capítulo I. Aspectos hemisféricos

¿Qué es y cómo se produce el biodiésel?

Se presenta una breve reseña de los principales aspectos relacionados con el biodiésel como alternativa del diésel derivado del petróleo: petrodiésel o simplemente diésel. También se resumen las principales características deseables e indeseables del biodiésel desde diferentes perspectivas.

Producción mundial de biodiésel

Se analiza la evolución mundial de la producción de biodiésel y las principales causas que han afectado su desarrollo reciente. También se examinan los principales países productores y las fuentes que utilizan para su producción. Al final de la sección se presentan algunos indicadores de eficiencia que se reportan en la literatura.

Producción mundial de aceite

Dada la importancia de la materia prima (aceite) en la producción de biodiésel, en esta tercera sección se presenta la evolución de la producción de aceite en el mundo, los principales países productores y de los tres principales aceites en la elaboración del biodiésel.

Principales fuentes de materia prima

Se presentan algunas características de las principales fuentes vegetales de aceite susceptibles de transformarse en biodiésel.

Capítulo II. Situación por país

Dado lo reciente del fenómeno de expansión de la producción de biodiésel en el mundo, es importante diferenciar dos grandes aspectos: aquellos que se podrían denominar reales o actuales y los potenciales. En el primer caso, se describe evolución de la situación hasta el presente; en el segundo, se detallan los esfuerzos que realizan los países para posicionarse en un futuro cercano en el mercado de la producción del biodiésel.

Los aspectos reales o actuales comprenden:

Producción de biodiésel

En esta primera sección, se muestra el estado del país en lo que a la producción de biodiésel se refiere, lo cual define su posicionamiento como productor o no de biodiésel.

Producción de materia prima

En esta sección también se brinda información pertinente acerca de la situación del complejo aceitero en cada país.

Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

La sección reporta la información referente a los esfuerzos públicos y privados de investigación y desarrollo que se están realizando en el país para la producción de biodiésel.

Política y marco regulatorio

Se presentan aspectos claves para la producción del biodiésel, como la política gubernamental y la existencia o no de un marco regulatorio.

Aspectos potenciales

En relación con la demanda potencial, se documenta la importancia del consumo de diésel en el país. Asimismo, con respecto a la oferta potencial, se establecen las posibilidades de producción potencial de biodiésel que podrían obtenerse de diferentes fuentes alternativas.

3. Principales fuentes de información

La principal fuente de información para el atlas se origina de los datos suministrados por las oficinas del IICA en los países. Estos datos fueron complementados con información estadística proveniente de diferentes fuentes sobre producción de materia prima, consumo, exportación de aceite y de biodiésel; investigación cualitativa sobre experimentación; políticas y marco regulatorio disponibles de forma pública y gratuita proveniente de internet. Dadas las características de la producción de biodiésel y las posibilidades de inversión en la industria, mucha de la información más detallada existente no se encuentra disponible de forma gratuita.

Todas las fuentes consultadas se encuentran citadas en el documento para ser utilizadas por los lectores interesados.

Capítulo I:

Aspectos hemisféricos

1. Biodiésel: ¿qué es y cómo se produce?

Desde una definición general, el biodiésel corresponde a un combustible renovable, derivado de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, obtenido a través de un proceso industrial relativamente simple de transesterificación (Figura 0.2) del aceite vegetal o animal¹. Después del proceso y a diferencia del aceite que le dio origen, el biodiésel (éster metílico) tiene una viscosidad semejante a la del diésel derivado del petróleo y puede reemplazarlo en los usos más comunes.²

Figura 0.2. Proceso de transesterificación del aceite.

Insumos		Productos
(87%) Aceite + (12%) Metanol + (1%) Catalizador	→	(86%) Biodiésel + (9%) Glicerina + Etanol (4%) + (1%) Fertilizante

Fuente: Elaboración propia.

Para una definición técnica del biodiésel y de la mezcla de este, se puede tomar la utilizada por Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés). De acuerdo con esta institución:

- **Biodiésel, n.** Es un combustible compuesto de ésteres mono-alcalinos de ácidos grasos de cadenas largas, derivados de aceites vegetales o grasas animales denominado B100 y que cumplen los requerimientos de la ASTM D 6751.
- **Biodiésel mezcla, n.** Se refiere a una mezcla de biodiésel (como fue definido anteriormente) con el diésel derivado del petróleo y denominado BXX, donde XX representa el porcentaje del volumen de biodiésel en la mezcla. Por ejemplo: **B20** significa una mezcla con 20% de biodiésel y 80% de diésel derivado del petróleo.³

Este proceso de transesterificación de ácidos grasos para generar alcohóles de ácido graso se conoce desde hace 150 años. Se afirma que el primer motor inventado por

¹ El principal motivo por el cual los aceites vegetales no se pueden utilizar directamente en los motores diésel, es por su viscosidad. Para la reducción de esta viscosidad, el proceso químico recomendado es el de la transesterificación.

² Para un mayor detalle de la definición y características técnicas del biodiésel, se recomienda consultar a CEPAL 2007.

³ Para mayor información, consultar el sitio *web* <http://www.biodiésel.org/resources/definitions/default.shtm>

2. Principales características del biodiésel

En la literatura parece haber un mayor consenso hacia las características deseables de la producción de biodiésel. Sin embargo, hay voces de precaución sobre un optimismo demasiado alto. En el Cuadro 0.2 se presentan algunas de las características deseables e indeseables que se mencionan frecuentemente.

Cuadro 0.2. Algunas características del biodiésel mencionadas en la literatura.

Deseables	No tan deseables
<p>Es una fuente de energía limpia, renovable, de calidad y económicamente viable, que además contribuye a la conservación del medio ambiente, por lo que representa una alternativa a los combustibles fósiles.</p> <p>Se trata de un combustible biodegradable, cuyo uso disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y óxidos de azufre. También reduce entre 60% y 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados.</p> <p>Puede ser producido económicamente en un amplio rango de lugares tanto rurales como urbanos y en diferentes escalas (pequeñas para autoconsumo o comerciales).</p> <p>Tiene un gran potencial para ser producido por aceites no comestibles.</p> <p>El contenido energético del etanol es de 67% con respecto a aquel de la gasolina, mientras que el del biodiésel es de 90% en relación con el del diésel proveniente del petróleo.^{1/}</p>	<p>El proceso de fabricación de biodiésel libera la glicerina, la cual todavía constituye un problema por su contenido tóxico (moderado) y contaminante.</p> <p>Aporta un 10% de óxidos nitrosos a la atmósfera (lluvia ácida) con respecto a los combustibles fósiles.</p> <p>Balance energético ^{2/}. Un aspecto que todavía es debatido en el mundo es si el balance energético del biodiésel es positivo. En la jerga de la producción de combustibles, se entiende por balance energético la diferencia entre la energía que produce un kilogramo de combustible (biodiésel en este caso) y la energía necesaria para producirlo, lo cual incluye extracción (cultivo, en este caso), procesamiento, transporte, refinado entre otros.</p>

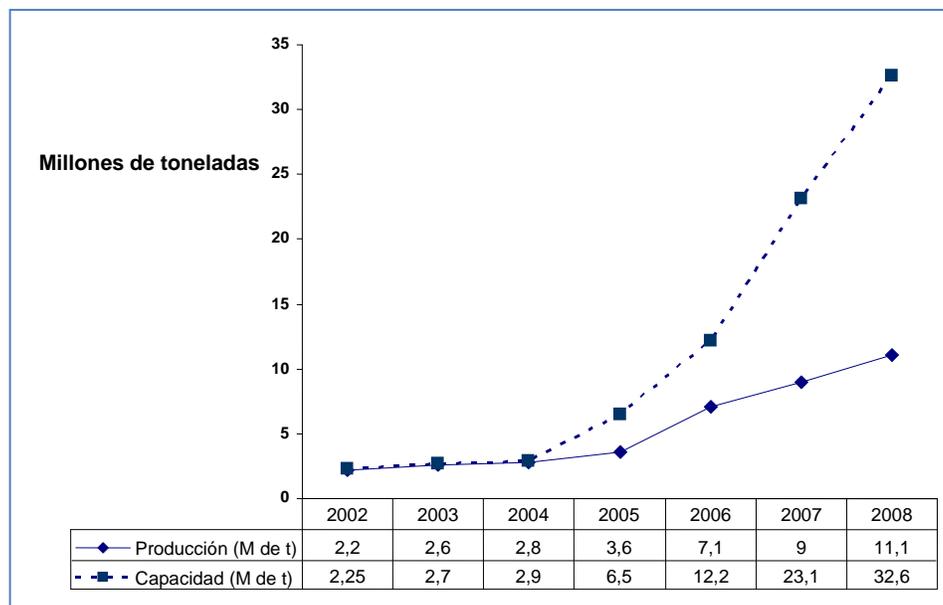
- Notas:
1. El consumo energético de combustible usualmente se expresa en términos de eficiencia térmica, como la energía química que puede ser convertida en energía mecánica en el motor; sin embargo, el biodiésel se aproxima a una eficiencia térmica superior o mayor con respecto al diésel, en virtud de que se aporta un mayor contenido de oxígeno y de cetanos provenientes de combustible renovable, lo cual mejora el desempeño de la combustión (Mittelbach y Remschmidt 2004:162 - 167).
 2. El balance de energía fósil de un biocombustible depende de factores como las características de la materia prima, el lugar de producción, las prácticas agrícolas y la fuente de energía usada para el proceso de conversión. Los balances estimados de combustible fósil del biodiésel oscilan entre uno y cuatro para la colza y la soja. Los balances estimados para el aceite de palma, de alrededor de nueve, son más elevados, ya que otras semillas oleaginosas deben ser trituradas para extraer el aceite, fase adicional de conversión que requiere energía.

Fuente: Elaboración propia.

3. Producción de biodiésel en el mundo

La producción mundial de biodiésel se mantuvo relativamente estable entre dos y tres millones de toneladas anuales hasta el 2004, y no es hasta el 2005, cuando la producción se dispara hasta alcanzar en el 2008 las 11,1 millones de toneladas. Con ello se registra una tasa anual de crecimiento de 37%⁴ para el período 2004-08 (Figura 0.3).

Figura 0.3. Producción actual y capacidad de producción de biodiésel en el mundo, en el período 2002-2008.



Fuente: Biodiésel 2020: A Global Market Survey.

En la actualidad, la producción mundial de biodiésel se concentra en pocos países. Por ejemplo, del total durante el 2006, alrededor del 75% se produjo en Europa, donde Alemania contribuyó con el 55%, y la mayor parte del 25% restante fue producido por Estados Unidos de América. Estas cifras son muy dinámicas entre los países de América que reportan la producción de biodiésel a cierta escala comercial (como Canadá, Brasil y Argentina), mientras que la mayoría de los demás países informan una producción incipiente o en una escala de prueba.

Aunque se puede producir biodiésel de cualquier aceite, las fuentes que han sido utilizadas hasta el presente son pocas. La producción de la Unión Europea (UE) proviene principalmente del aceite de colza y en menor medida del aceite de palma aceitera, mientras que la producción de los Estados Unidos proviene principalmente del aceite de soja. En términos potenciales, se puede decir que para los países de climas templados, la materia prima para la producción de biodiésel proviene del aceite de la colza y de soja, mientras que para los países subtropicales y tropicales, procede del aceite de la palma africana y otras oleaginosas.

⁴ Tasa anual de crecimiento estimada mediante regresión semilogarítmica: $\ln(q) = a + b(t)$, donde b es la tasa de crecimiento anual.

4. La capacidad de producir

Si la producción de biodiésel creció a un ritmo acelerado en el período 2004 - 2008, la capacidad mundial de producción creció aún más rápido, lo que anticipaba la tendencia futura.

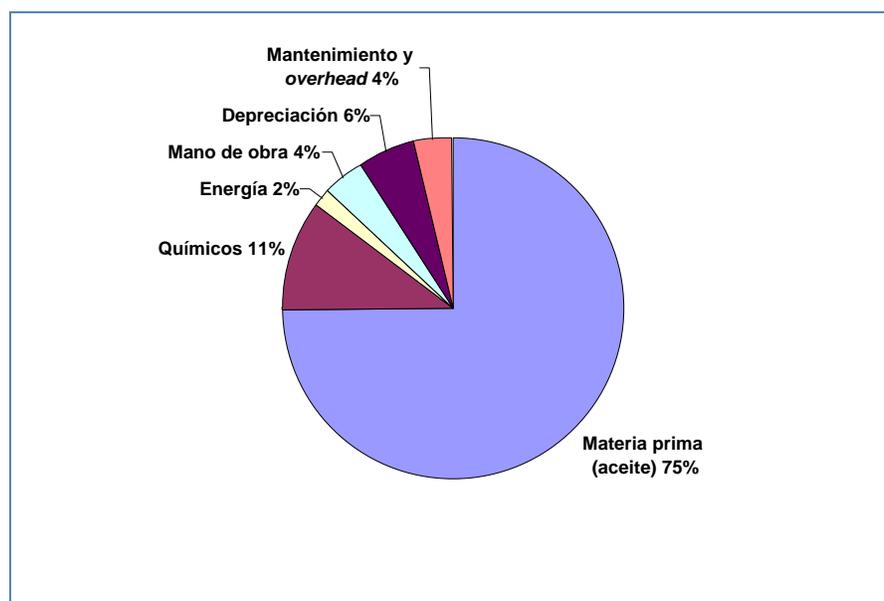
Durante el mismo período, como se muestra la Figura 0.4, la capacidad de producir creció a un ritmo anual de 61%.

Este crecimiento acelerado está relacionado con el crecimiento de la producción y el destino del aceite en el mundo, dos aspectos que se describen a continuación.

5. Producción de aceite en el mundo

De la propia naturaleza del biodiésel, resulta claro que su producción está ligada a la producción de lípidos, aceites y grasas de origen vegetal o animal. La importancia del complejo aceitero para la capacidad competitiva de producir biodiésel se pone manifiesto si se considera que la materia prima, es decir, el aceite, forma el 75% del costo de producción del biodiésel (Figura 0.4).

Figura 0.4. Estructura típica de los costos de producción del biodiésel.

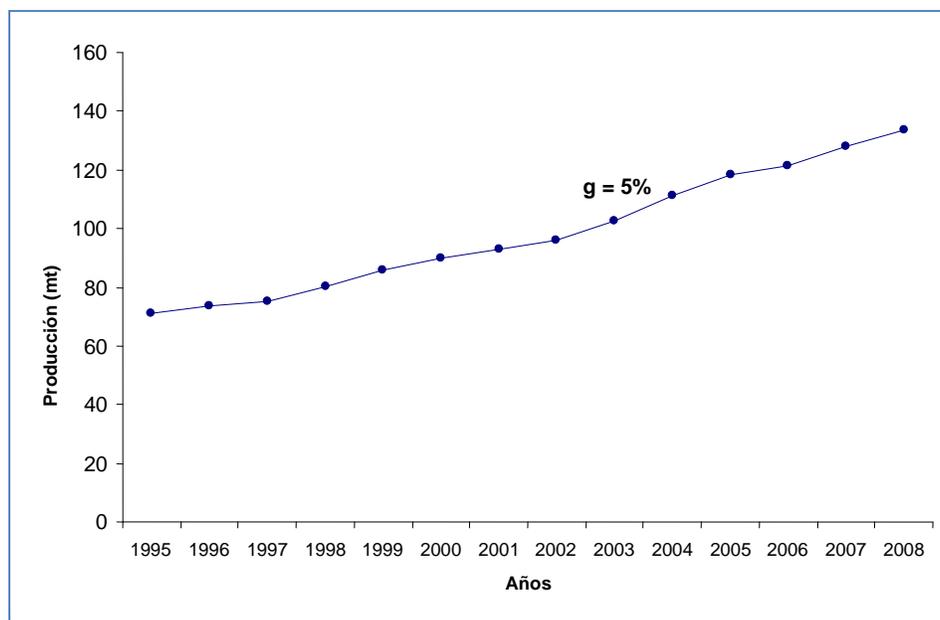


Fuente: Información disponible en <http://www.rendermagazine.com/February2006/RenderedFatsandOils.pdf>
Consultado 5 jun. 2008.

La producción mundial de aceite vegetal creció de forma constante durante el período 1995 - 2008 a un ritmo del 5% anual (Figura 0.5) hasta superar en el 2007 las 128 millones de toneladas anuales. La producción mundial de aceite se encuentra repartida entre la UE y tres grandes países productores: Indonesia, Malasia, China. Entre los cuatro, engloban el 54% de la producción mundial (Cuadro 0.3). Solo dos países americanos, Estados Unidos y

Argentina, alcanzan el 8% y 6% de la producción mundial, respectivamente, se encuentran entre los primeros siete países productores de aceite del mundo.

Figura 0.5. Producción mundial de aceite vegetal 1965- 2008.



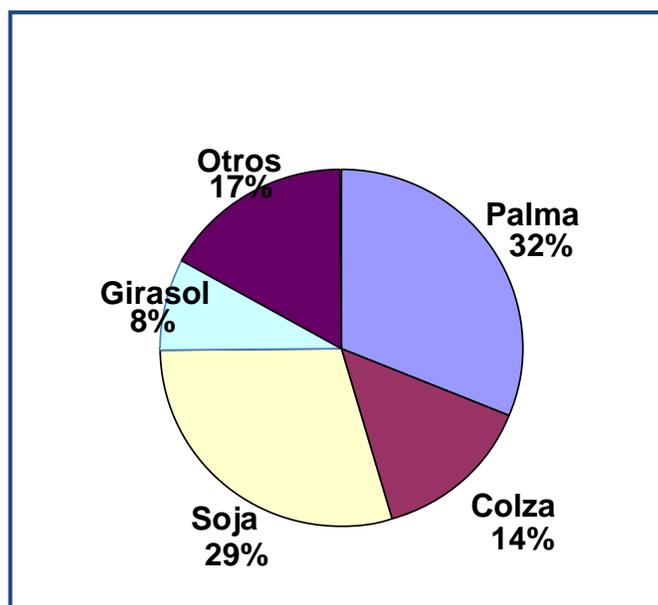
Fuente: Información disponible en <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/Current.asp>

Cuadro 0.3. Principales países productores de aceite vegetal.

País	Porcentaje de la producción mundial (promedio 2004 -2008).
Indonesia	16
Malasia	15
República Popular China	12
Unión Europea	11
Estados Unidos	8
Argentina	6
India	6
Otros	26

Fuente: Información disponible en <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/Current.asp>

Figura 0.6. Composición de la oferta de aceite vegetal por fuente.



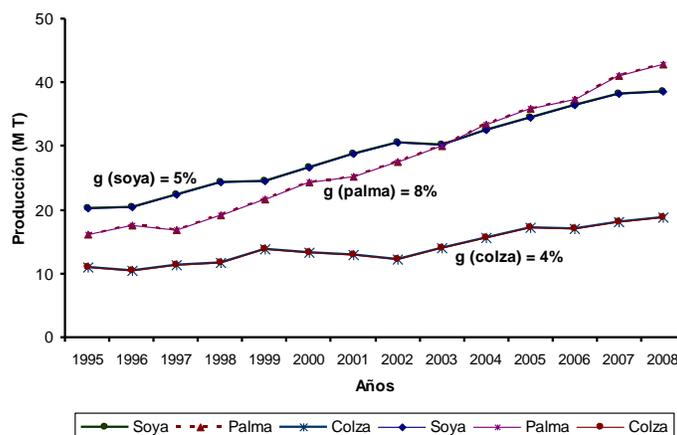
Fuente: Información disponible en <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/Current.asp>

Aunque potencialmente se pueden usar múltiples fuentes alternativas, casi la totalidad del biodiésel que se produce actualmente proviene de los aceites de origen vegetal y en particular de tres cultivos: la palma, la soja y la colza (Figura 0.6). Estos tres cultivos proveen el 75% de la oferta mundial de aceite. El restante 25% se origina en cultivos como maní, algodón, oliva y girasol.

Dada la importancia que tienen la palma y la soja en la producción actual de biodiésel y por ser las dos fuentes principales de aceite vegetal a escala mundial, es importante documentar la evolución de la producción de aceite proveniente de ambos productos en el mundo.

En lo que respecta al aceite de soja, su producción creció al mismo ritmo del 5% que la producción total de aceite, mientras que la producción de aceite de palma lo hizo a un ritmo más acelerado del 8% anual durante el mismo período, lo que provocó que a partir del 2005 el volumen anual producido de aceite de palma fuera superior al de soja. La producción de aceite de colza, por su parte, creció al 4% anual, un punto porcentual por debajo del ritmo de crecimiento de la producción total de aceite (Figura 0.7).

Figura 0.7. Producción mundial de aceite de soja y de palma.



Fuente: Información disponible en <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/Current.asp>

6. Principales fuentes de aceite en el mundo

Cuadro 0.4. Algunas características de las principales fuentes de aceite para biodiésel.

	<p><i>Glycine max</i> (soja). La soja se originó en Asia hace aproximadamente 5000 años. Es un cultivo anual, cuya planta alcanza generalmente una altura de 80 centímetros y su ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses. La semilla de soja se produce en vainas de 4 a 6 cm de longitud y cada una contiene de 3 a 4 granos de soja. La soja se desarrolla óptimamente en regiones cálidas y tropicales. La soja se adapta a una gran variedad de latitudes que van desde cero a 38 grados y los mayores rendimientos en la cosecha se obtienen a menos de 1000 metros de altura. La soja es la oleaginosa de mayor importancia en el mundo. Su alto valor económico radica en la calidad de su aceite y pasta proteica que son industrializados en otros productos de valor agregado. La pasta proteica de soja es considerada como la más nutritiva dentro de las proteínas de origen vegetal. En los últimos años se ha incrementado el uso del aceite de soja para la producción de biodiésel.</p> <p>Fuente: Fundación Produce Chiapas A.C.; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Chiapas. Imagen: EMBRAPA.</p>
	<p><i>Elaeis guineensis</i> (palma aceitera o palma africana). Es una palmera tropical que crece en climas cálidos en la franja ecuatorial de la tierra y puede llegar a crecer hasta 8,3 - 20 m de altura. Se puede obtener aceite de dos fuentes: del fruto (aceite de palma) y de la almendra (aceite de almendra/palmiste). Ambos tienen propiedades físicas y químicas diferentes. El ciclo de producción comienza en el tercer año y alcanza el máximo de producción entre los siete y diez años. Su aceite puede ser utilizado para diversos productos (aceites, margarinas, jabones, entre otros). Sin embargo, su demanda ha aumentado significativamente, ya que se puede emplear como materia prima para la producción de biodiésel a un buen costo y rendimiento. En América Latina, los principales productores son Colombia, Ecuador, Costa Rica, Honduras y Guatemala.</p>

Fuente: Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV).



Cocos Nucifera L. (cocotero). Se puede clasificar en dos grupos: los gigantes y los enanos, de los cuales se crean los híbridos. Generalmente se cultiva en suelos muy pobres (arenas costeras) y en clima de calor y humedad. Es una planta perenne con un ciclo de producción que se alarga durante todo el año. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima 10,7 millones de hectáreas cosechadas, de las cuales el 83,5% se encuentra en Asia.

Fuente: CIRAD, Brasil.
Imagen: EMBRAPA.



Ricinus communis (tártago, higuera, higuera, ricino). Es un árbol que sobrevive y puede crecer en las tierras marginales, bajo condiciones de humedad subhúmedas y semiáridas. Hoy día, el aceite de ricino se usa en más de 700 aplicaciones. Según el EMBRAPA (2005) el aceite de ricino es el mejor para producir biodiésel por ser el único soluble en alcohol y que no requiere calor, con el consecuente gasto de energía que exigen otros aceites vegetales. Constituye la única fuente comercial de ácidos grasos hidroxilados, pues posee alrededor de un 85% de ácido ricinoleico.

Fuente: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional del Centro (UNICEN). Argentina y Procisur/Michael L. Charters



Jatropa curcas L. (piñón manso, tempate). Proviene originalmente de México y Centroamérica. Oleaginosa perenne de porte arbustivo que crece más de dos o tres metros de altura (pero puede alcanzar hasta los ocho metros en condiciones especiales). Cada planta produce, a partir del primer año, alrededor de cuatro a cinco kilos de semilla, la cual tiene un rendimiento industrial de 38% aproximadamente. Se pueden sembrar de 625 a 1100 plantas por hectárea. Posee un alto porcentaje de aceite en sus semillas. Otro factor que resulta atractivo de este cultivo es que no requiere de mucha mano de obra y cuidados, una vez establecido, ya que es un vegetal muy rústico y con bajos requerimientos en cuanto a abono y control de plagas y enfermedades, por lo que resultaría una alternativa para la diversificación de la finca.

Fuente: CATIE.
Imagen: EMBRAPA.



Helianthus annuus L. (girasol). Es originario del oeste de Norte América, pero se adapta fácilmente a diferentes climas. Hoy se cultiva en los cinco continentes. El girasol se utiliza principalmente para la producción de aceite, pero también como ornamentales, alimentación de aves, entre otros. El ciclo promedio del girasol es de 100-150 días y la duración de la floración es de 7-10 días; ambos dependen de varios factores. El girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados.

Fuente: ASAGIR.
Imagen: EMBRAPA.



Arachis hypogaea L (maní, cacahuate, manduví). Hierba compuesta de un pequeño tallo y de hojas trifoliadas y abundantes. Su raíz pivotante mide entre 30 y 50 cm. Después de la fecundación, se inclina hacia el suelo y su fruto (o vaina) se desarrolla en tierra. La vaina contiene de dos a cuatro granos. Cada

grano tiene un promedio de 50% de aceite y un 22%-30% de contenido proteínico.



Fuente: CIRAD, Brasil.

Imagen: EMBRAPA.



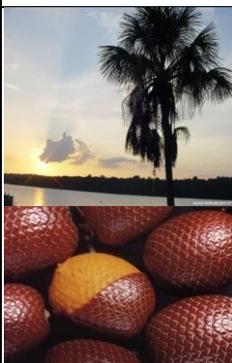
Brassica napus (canola o colza). Es de los primeros cultivos aprovechados por el hombre. Se ha expandido con el pasar del tiempo desde India hasta Europa, ya que es de las pocas especies oleaginosas apta para ser cultivada en zonas templadas y frías. Se utilizó principalmente como aceite industrial y para iluminación. La canola se logra producir a finales de la década de los sesentas tras lograr la reducción del ácido erúsico y glucosinolato, por eso se ha utilizado el nombre *canadian oil low acid* para identificar más fácilmente este producto diferenciado.

Fuente: INTA, Argentina.



Carthamus tinctorius (cártamo, alazor). Proviene originalmente de India, pero se puede adaptar a suelos poco fértiles, al igual que diferentes climas, lo cual permite su cultivo en varios países y zonas. La altura promedio es de 50-100 cm; sin embargo, las raíces pueden extenderse hasta los 2,4 m de profundidad, lo que permite utilizar un alto porcentaje del agua disponible del suelo. Existen dos variedades de cártamo, las que producen un aceite de alto porcentaje de ácido oleico y otras con alta concentración de ácido linoléico. Ambos tipos contienen un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y alta calidad nutricional.

Fuente: INTA, Argentina.



Mauritia flexuosa (aguaje, palmera buriti). El burití se encuentra principalmente en la región central y sur de la Amazonia, donde es posible plantar hasta 550 plantas por hectárea. Esta palma permite una producción media de 200 kg por planta entre diciembre y julio y 20 kg de aceite por planta al año. El estípite puede alcanzar los 35 m de altura.

Fuente: CIRAD, Brasil.

Imagen: EMBRAPA.



Plukenetia volubilis (Sacha inchi). Es una planta nativa de la Amazonia del Perú. Se cree que sus semillas pueden superar en calidad a todas las semillas oleaginosas utilizadas para la producción de aceites, por tener el más alto contenido de aceites, insaturados omega (92%), reductores del colesterol. Su harina contiene alta calidad de proteína y vitaminas A, D y E. Es un excelente recurso para la producción de alimentos. El aceite y la harina tienen alta digestibilidad. Por sus grandes cualidades, el *sacha inchi* es de gran valor para la salud, por lo que su cultivo e industrialización son altamente prioritarios.



Fuente: Oficina del IICA en Perú.



Gossypium spp. (algodón, algodonero). Arbusto perenne, cultivado como una planta anual. Es una planta tropical que requiere de un período seco durante su maduración y cosecha. Esta se puede adaptar a distintos suelos con un mínimo de ajustes. Su ciclo de cultivo varía entre 120-210 días según las condiciones. El porcentaje de aceite en los granos con liner es alrededor de 20%, lo que equivale a una producción de 450 kg de aceite por hectárea, lo cual depende de los factores. Dada su constitución de ácidos grasos, saturados e insaturados, tiene un excelente potencial para la producción de biodiésel.

Fuente: CIRAD.

Imagen: EMBRAPA y www.agroterra.com.



Linum usitatissimum (linaza). Planta herbácea, que puede llegar a crecer hasta los 80 cm. Sus cinco semillas poseen muchos principios activos y contienen cinco veces más omega-3 que cualquier otro alimento vegetal. Aparte de su uso medicinal, el aceite de la linaza también tiene excelentes propiedades para producir biodiésel.

Fuente: Ekovida.

Imagen: Ohio State University.



Cuadro 0.5. Algunas otras fuentes de aceite con origen en la familia *Areaceae*.

Familia <i>Areaceae</i>	Descripción	Fotografías
<p>Tucum – murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>. Mart)</p>	<p>Es una especie perenne todavía no domesticada, de ocurrencia en todo el estuario del río Amazonas. Las características de la planta son su elevada densidad y buen rendimiento de aceite (potencial de 38 litros de aceite/planta/año), evaluados en estudios exploratorios de algunos macizos del Amapá y Pará.</p>	
<p>Macauba (coyol) (<i>Acrocomia aculeata jacq.</i>, Lodd.ex Mart)</p>	<p>Es una palmera nativa de los bosques tropicales que alcanza de 10 a 15 de altura y un diámetro de 20 a 30 cm. Es nativa de las sabanas, cerrados y florestas abiertas de América tropical y ocurre en muchas áreas afectadas por acción antropológica. La productividad potencial estimada es de 5 t de aceite de tipo oleico-palmítico y 1,4 t de aceite de tipo láurico de plantíos con una densidad de 200 plantas/ha.</p>	
<p>Inajá (cucurito, cucurita) (<i>Maximiliana maripa</i>)</p>	<p>Está difundida en zonas de transición de pasturas y bosques. Ocurre en general como palmácea invasora de pasturas y presenta racimos con un peso aproximado de 60 kg. El mesocarpio (pulpa) representa el 30% del fruto. Tiene un rendimiento de aceite en la pulpa de 29%, con un total de 5 kg de aceite por 18 kg de pulpa. Es una especie con potencial para la producción de aceite, residuos y cogeneración de energía.</p>	
<p>Babaçú (<i>Orbignya phalerata</i> Mart)</p>	<p>Es una palmera de frutos drupáceos, con semillas oleaginosas y comestibles, de las cuales se extrae aceite que se utiliza en la alimentación, aparte de su uso en la fabricación de biocombustibles (biodiésel, residuos y cogeneración de energía). El bajo contenido de aceite en el fruto determina su uso principalmente en la cogeneración de energía por utilización de la pulpa, de alta densidad, capaz de sustituir al carbón vegetal.</p>	

Fuente: Embrapa s.f.

Fotografías: United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre (UNEP, WCMC); Palm and Cycad Societies of Australia (PACSOA).

7. Conversión de aceite a biodiésel

Cada cultivo tiene diferentes capacidades de producción de aceite con sus ventajas y límites. El Cuadro 0.6 representa la capacidad de biodiésel de cada cultivo o materia prima.

Cuadro 0.6. Conversión de aceite a biodiésel.

Cultivo	Conversión a biodiésel (l/ton)
Sésamo	440
Girasol	418
Ricino	393
Colza	392
Mostaza	370
Maní	309
Aceite de palma	223
Soja	183
Cocotero	130
Algodón	103

Fuente: Johnston *et al.* 2009.

Cuadro 0.7. Marcos regulatorios para la mezcla de biocombustibles en algunos países de América.

País	Marco regulatorio
Argentina	E5 y B5 estará en efecto para el 2010.
Bolivia	B2,5 se encuentra en efecto desde el 2007 y B20 hasta el 2015.
Brasil	E22 y E25 en efecto, al igual que B4. B5 estará en efecto para 2010.
Canadá	E5 en efecto para el 2010 y B2 para el 2012. E7, 5 está en efecto en Saskatchewan y Manitoba, y E5 en Ontario.
Colombia	E10 y B5 en efecto.
Costa Rica	B2 en proceso de ejecución para combustible diésel E7, 5 en abril del 2010.
Honduras	Hasta un B30, la unidad técnica de biocombustibles establecerá las mezclas de acuerdo con las condiciones prevaletientes.
México	Pruebas se realizarían entre el 2008 y el 2010; la distribución nacional será entre el 2011 y el 2014. Dada la disponibilidad limitada de biodiésel, podría optarse solamente por la utilización de algunos centros de producción. Se cuenta con el apoyo del Gobierno de Colombia.
Panamá, Nicaragua, El Salvador y Guatemala	Estrategia energética sustentable centroamericana establece como meta sustituir el 15% del consumo de combustibles fósiles.
República Dominicana	E15 y B2 está en proceso de ejecución para el 2015.
Ecuador	Se propone B2, 5 e incrementar a B20 en no más de 10 años.
Estados Unidos	E10 en efecto en: Iowa, Hawaii, Missouri y Montana. E20 en Minnessota. B5 en New México. E2 y B2 en Louisiana y Washington. Pennsylvania propone 3,4 billones de litros anuales de biocombustible para el 2017.
Paraguay	B3 en efecto. B5 en proceso desde el 2009.
Perú	B5 y E7, 8 en proceso para estar en efecto nacional en el 2010. Está en proceso regional desde el 2006 (etanol) y el 2008 (biodiésel).
Uruguay	B2 está en efecto hasta el 2011, B5 para 2012 y E5 para 2014.

Nota: Verificar mandatos de biocombustibles en sitio *web* de la Organización Latinoamericana de Energía <http://siel.olade.org/consultas.aspx> para aquellos países que aún no se registran en este cuadro.

Fuentes: Programa Hemisférico de Agroenergía y Biocombustibles del IICA; Worldwatch Institute y GTZ; Renewable Energy Policy Network, disponible en www.ren21.net

Capítulo II:

Situación de los países de América

Argentina

1. Producción de biodiésel en el país
2. La materia prima para la producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales de aceite*
 - 2.2. *Soja*
 - 2.3. *Girasol*
 - 2.4. *Costos de producción de oleaginosas*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Iniciativas públicas y privadas productoras de biodiésel*
 - 3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel en el país*
 - 5.2. *Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel en el país*
 - 5.3. *Fuentes potenciales de aceite*
 - 5.3.1. *Fuentes de origen animal*
 - 5.3.2. *Fuentes de origen vegetal*
6. Resumen
7. Instituciones vinculadas

1. Producción de biodiésel en el país

Argentina es un país productor y exportador de biodiésel producido esencialmente a partir del aceite de la soja. Sus primeras exportaciones de biodiésel se efectuaron durante el 2007. Según el Programa Nacional de Biocombustibles de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), en dicho año Argentina exportó casi 320 mil toneladas por un monto de US\$268 millones, cuyos principales destinos fueron Estados Unidos y la UE (Alemania y Países Bajos) (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Argentina. Exportaciones de biodiésel en el año 2007.

Destino	Cantidad (t)	Valor (miles US\$)	Participación	Precio promedio (US\$/t)
EE.UU.	242 948	207 351	76,1 %	853
UE	75 537	60 539	23,7 %	801
Paraguay	355	339	0,1 %	946
Australia	250	194	0,1 %	775
Total	319 093	268 422	100%	841

Fuente: Programa Nacional de Biocombustibles con datos de Aduana, SIM.

Si se considera que el consumo local aún es prácticamente nulo, la cantidad exportada puede ser considerada como una aproximación representativa de la producción argentina de biodiésel en el 2007. De acuerdo con proyecciones de la Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno (AABH), la producción de biodiésel en este país durante el 2008 se ubicó en 1,35 millones de toneladas.

Como se detalla en la sección 3.1., a fines del 2007, el sector contaba con ocho plantas de biodiésel habilitadas por la Secretaría de Energía, cinco plantas en construcción, 23 anteproyectos en estudio y más de 40 pequeñas plantas. Las fábricas habilitadas y las plantas en construcción reúnen una capacidad instalada anual de 1,57 millones de toneladas y representan inversiones estimadas en casi US\$300 millones.

La mayor parte de estos proyectos está destinada a la producción para la exportación, localizada principalmente en la provincia de Santa Fe, en el polo aceitero del Gran Rosario, sobre el río Paraná. Varias de estas plantas se situarán entre las más grandes del mundo, con capacidades de producción de entre 200 y 300 mil toneladas.

2. La materia prima para la producción de aceite

Argentina cuenta con importantes ventajas comparativas en la producción de materias primas con potencial para la producción de biodiésel. Dispone de una alta dotación de recursos naturales y de amplias condiciones agroecológicas para el cultivo de diversas especies con fines energéticos. Dispone, además, de un sector agrícola altamente dinámico y competitivo, en el que se destaca su complejo oleaginoso, ubicado entre los más eficientes del mundo.

En el ciclo comprendido entre el 2006 y el 2007, el área sembrada con oleaginosas, que registra un crecimiento sostenido desde mediados de la década de los noventa, ocupó 19,3 millones de hectáreas. La producción ha alcanzado sucesivos récords, que suman 52,2 millones de toneladas entre el 2006 y el 2007.

La producción de aceites vegetales, también en sostenido crecimiento, totalizó un récord histórico de 8,26 millones de toneladas en el 2007. El actual nivel de producción de aceites supera en un 55% al registrado a comienzos de la presente década (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Evolución de la producción de aceites vegetales en Argentina.

Producción argentina de aceites vegetales (en toneladas)								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Aceite de algodón	-	21 991	11 002	7 019	10 055	8 576	6 509	11 637
Aceite de colza	-	-	1 396	4 626	2 714	8 255	4 502	61
Aceite de cártamo	9 389	12 929	11 871	2 424	12 111	23 077	15 114	14 817
Aceite de girasol	2 158 311	1 305 876	1 271 175	1 398 626	1 204 236	1 521 204	1 579 554	1 223 513
Aceite de lino	10 448	3 507	863	3 259	2 631	4 928	8 457	4 420
Aceite de maní	52 448	57 086	53 401	47 567	42 629	65 780	55 564	38 464
Aceite de soja	3 112.836	3 388 096	3 973 461	4 554 662	4 569 718	5 395 724	6 161 214	6 962 675
Total aceites vegetales	5 343 432	4 789 485	5 323 169	6 018 183	5 844 094	7 027 544	7 830 914	8 255 587

Fuente: SAGPyA, Dirección Nacional de Mercados Alimentarios.

De acuerdo con la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA), actualmente la industria procesadora de granos oleaginosos cuenta con 53 plantas instaladas en áreas rurales de ocho provincias, concentradas principalmente en las zonas cercanas a los centros de embarque en la provincia de Santa Fe y sur de la provincia de Buenos Aires.

Cabe destacar que el complejo oleaginoso argentino se encuentra entre los más eficientes del mundo, debido a factores como:

- a. Menores costos relativos de producción de oleaginosas que registra Argentina.
- b. Ubicación privilegiada de su industria aceitera en los puertos de salida y próxima a la zona núcleo de producción de soja.
- c. Alto desarrollo tecnológico y escala de las plantas.

Además, desde el 2004, se ha producido un incremento de inversiones en la industria aceitera, estimado por la CIARA en US\$770 millones. Las inversiones destinadas a aumentar la capacidad de procesamiento y la logística portuaria y de embarque, entre otros aspectos, incluyen la construcción de plantas de procesamiento y de terminales portuarias propias, el aumento de capacidad de almacenaje y de carga, y la expansión de la capacidad de refinamiento. Entre el 2003 y el 2007, la capacidad de procesamiento creció un 37%, para ubicarse actualmente en el orden de las 45 millones de toneladas anuales.

2.1. Principales fuentes vegetales de aceite

Entre las materias primas de disponibilidad inmediata para la producción de biodiésel, se encuentran la soja y el girasol, para las cuales Argentina dispone de saldos exportables significativos de grano y aceite (ver Cuadro 1.3).

A ellas se suma una amplia variedad de materias primas alternativas, algunas de menor desarrollo o importancia productiva en relación con las anteriores –tales como maní, algodón, colza, cártamo y grasas animales y otras– en las que la experiencia a nivel doméstico es muy escasa o inexistente, pero son factibles de ser producidas en Argentina, como ricino, *jatropha*, lesquerella, lupino, jojoba, sésamo, algas y microalgas.

En Argentina la producción actual de aceite proviene de por lo menos siete diferentes cultivos oleaginosos, como se ilustra en el Cuadro 1.3. Sin embargo, está altamente concentrada en soja (84% de la producción total de aceites en el 2007) y girasol (15% de la producción total de aceites en el 2007).

Cuadro 1. 3. Fuentes de aceites vegetales en la República Argentina.

Estadísticas del complejo oleaginoso argentino					
Cultivo	Área sembrada (miles de ha) Ciclo 06-07	Producción granos (miles de t) Ciclo 06-07	Principales provincias productoras Ciclo 06-07	Producción aceite (miles de t) 2007	Producción pellets y expellers (miles de t) 2007
Soja	16 141	47 483	Córdoba: 30% Buenos Aires: 25% Santa Fe: 24%	6 962,6	28 085,9
Girasol	2 381	3 498	Buenos Aires: 48% Chaco: 16% La Pampa: 13%	1 223,5	1 315,6
Maní	216	600	Córdoba: 94% La Pampa: 3% San Luis: 1%	38,4	55,8
Algodón	404	545	Chaco: 60% Sgo. del Estero: 22% Formosa: 7%	11,6	24,9
Cártamo	75,5	58	Salta: 96% Sgo. del Estero: 4%	14,8	24,4
Lino	29	34	Entre Ríos: 96% Santa Fe: 3%	4,4	8,5
Colza	10,5	11	Buenos Aires: 70% La Pampa: 14% Córdoba: 7%	0,1	0,1
Total	19. 257	52 229		8 255,4	29 515,2

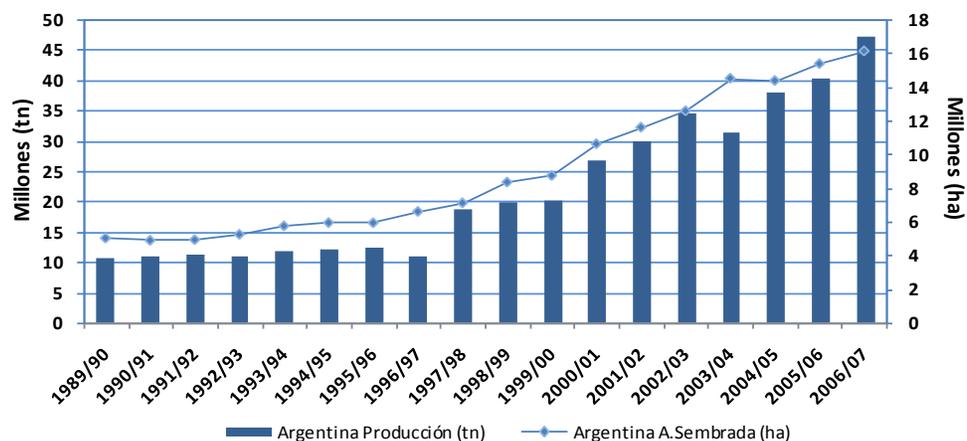
Fuente: Elaborado por la Oficina del IICA en Argentina con datos de SAGPyA y CIARA.

2.1.1. Soja

Entre las materias primas de disponibilidad inmediata, se destacan las del complejo sojero. Argentina produjo 47,5 millones de toneladas de poroto de soja en el ciclo 2006-2007 (tercer productor y exportador mundial) y cuenta con muy elevados saldos exportables de aceite de soja. En este rubro se destaca como primer exportador mundial (6,6 millones de toneladas en el 2007). En promedio, el país exporta el 95% de su producción de aceite de soja, con lo cual la producción de biodiésel se presenta como una gran oportunidad para el agregado de valor a nivel doméstico.

El área y la producción de soja han manifestado un crecimiento explosivo durante la última década, a partir de la conjunción entre el sistema de labranza de siembra directa y la utilización masiva de semillas genéticamente modificadas (ver Figura 1.1 y Cuadro 1.4).

Figura 1.1. Argentina. Evolución del área sembrada y la producción de soja.



Fuente: SAGPyA s.f.

En el ciclo 2006-2007, el poroto de soja representó el 91% de la producción argentina de oleaginosas.

Cuadro 1.4. Producción del complejo sojero en Argentina.

Campaña	Área sembrada	Producción	Rendimiento	Producción de aceite de soja	Producción de pellets de soja
	(miles ha)	(miles t)	(t/ha)	(miles t)	(miles t)
1989/90	5 100	10 700	2,16	1 144	5 370
1990/91	4 967	10 862	2,28	1 232	5 891
1991/92	5 004	11 310	2,29	1 402	6 710
1992/93	5 320	11 045	2,16	1 466	6 656
1993/94	5 817	11 720	2,04	1 541	7 228
1994/95	6 011	12 133	2,04	1 599	7 384
1995/96	6 002	12 448	2,11	1 838	8 316
1996/97	6 670	11 005	1,72	1 869	8 427
1997/98	7 176	18 732	2,69	2 696	12 296
1998/99	8 400	20 000	2,44	3 093	13 438
1999/00	8 791	20 136	2,33	3 113	13 349
2000/01	10 664	26 881	2,58	3 388	14 503
2001/02	11 639	30 000	2,63	3 973	16 996
2002/03	12 607	34 819	2,80	4 555	19 225
2003/04	14 527	31 577	2,21	4 570	19 111
2004/05	14 395	38 290	2,73	5 396	22 663
2005/06	15 393	40 537	2,68	6 161	25 653
2006/07	16 141	47 483	2,97	6 963	28 086

Fuente: SAGPyA, Dirección de Coordinación de Delegaciones.

2.1.1. Girasol

El girasol es la segunda oleaginosa de importancia en Argentina, país que ocupa el tercer lugar en producción mundial de semilla de girasol (3,5 millones de toneladas en el ciclo 2006-2007). Al igual que en el caso de la soja, se destaca como primer exportador mundial de aceite de girasol (1,2 millones de toneladas en el 2007). La cadena girasolera también se encuentra consolidada y su disponibilidad para la producción de biodiésel es alta, si se tiene en cuenta que en los últimos cinco años se exportó el 75% de la producción de aceite.

Tanto la soja como el girasol se destacan por sus altos contenidos de proteína (81% y 55%, respectivamente) para alimentación animal y humana. Dan lugar a rendimientos significativos en harinas proteicas. Este aspecto permite a las cadenas producir conjuntamente biocombustible y alimento, lo cual contribuye decisivamente a la rentabilidad de los proyectos.

2.2. Costos de producción de oleaginosas

En el siguiente cuadro se detallan los costos de producción de soja en diversas zonas de la región pampeana.

Cuadro 1.5. Costos de producción y margen económico de la producción de soja.
SOJA de 1ª - COSTOS Y MARGEN BRUTO - REGIÓN PAMPEANA

Zona	Núcleo maicera			Oeste de Buenos Aires			Sur de Buenos Aires		
	Directa			Convencional			Convencional		
Tipo de labranza									
Precio a cosecha	US\$/qq		24,24	US\$/qq		24,24	US\$/qq		24,24
Rendimiento	qq/ha		34	qq/ha		30	qq/ha		25
Ingreso bruto	US\$/ha		824,01	US\$/ha		727,07	US\$/ha		605,89
Comisión	% I.B.	3%	0,73	% I.B.	3%	0,73	% I.B.	3%	0,73
Impuestos	% I.B.	2,50%	0,61	% I.B.	2,50%	0,61	% I.B.	2,50%	0,61
Gastos varios			0,13			0,13			0,13
Secada	1,5 ptos.		0,14	1,5 ptos.		0,14	3 ptos		0,29
Flete corto	20 km		0,41	20 km		0,41	20 km		0,41
Flete largo	150 km		1,20	400 km		2,56	200 km		1,49
Precio Neto	US\$/qq		21,01	US\$/qq		19,65	US\$/qq		20,59
Cosecha	% I.B.	8%	65,92	% I.B.	8%	58,17	% I.B.	8%	48,47
Ingreso neto	US\$/ha		648,58	US\$/ha		531,48	US\$/ha		466,26
Cinzel	cantidad	US\$/labor	US\$/ha	cantidad	US\$/labor	US\$/ha	cantidad	US\$/labor	US\$/ha
Disco doble acción				2	11,94	23,89	1	21,50	21,50
Disco c/rastra y rolo				1	16,72	16,72	1	11,94	11,94
Siembra				1	16,72	16,72	1	16,72	16,72
Siembra (directa c/fertilización)	1	26,27	26,27		0,00				
Pulverización terrestre	3	5,97	17,91	2	5,97	11,94	2	5,97	11,94
Pulverización aérea	1	7,17	7,17	1	7,17	7,17	1	7,17	7,17
Total Labores			51,35			76,43			85,99
Semilla RR	kg/ha	75	35,50	kg/ha	75	35,50	kg/ha	75	35,50
Inoculante	sobres	1,5	5,47	sobres	1,5	5,47	sobres	1,5	5,47
PDA	kg/ha	50	36,97	kg/ha	40	29,58	kg/ha	40	29,58
Glifosato	l/ha	7,50	39,19	l/ha	5,00	26,13	l/ha	5,00	26,13
Cypermtrina 25%	l/ha	0,30	1,66	l/ha	0,30	1,66	l/ha	0,30	1,66
Endosulfan 35%	l/ha	1,20	5,32	l/ha	1,20	5,32	l/ha	1,20	5,32
Funguicida	l/ha	0,50	17,50	l/ha	0,50	17,50	l/ha	0,50	17,50
Total Agroquímicos			106,12			85,66			85,66
Total Gastos Directos	US\$/ha		192,97	US\$/ha		197,59	US\$/ha		207,15
MARGEN BRUTO	US\$/ha		455,61	US\$/ha		333,89	US\$/ha		259,11

Fuente: SAGPyA s.f.

En el Cuadro 1.6 se documentan los costos de producción y los márgenes económicos del girasol y la colza para el 2007. En ambos casos la producción de oleaginosas es un negocio rentable si se consideran los márgenes brutos obtenidos. Debe tenerse en cuenta que estos costos fueron calculados en las zonas más productivas del país.

Cuadro 1.6. Argentina. Costos de producción y margen económico de la producción de girasol y colza en el 2007.

Cultivo		Girasol		Colza
Zona de cultivo		Oeste de Buenos Aires	Sur de Buenos Aires	Región Pampeana
Tipo de labranza		Convencional	Convencional	Convencional
Rendimiento	kg/ha	2400	2000	1800
Precio a cosecha	US\$/Kg	0,3407	0,3407	0,2725
Precio neto	US\$/Kg	0,3176	0,3281	0,2489
Cosecha	8%IB	65,41	54,51	39,24
Ingreso bruto (IB)	US\$/ha	696,83	601,69	408,85
Labores	US\$/ha	70,46	80,02	75,24
Semilla ^{1/}	US\$/ha	23,35	23,35	35,50
Agroquímicos	US\$/ha	46,64	46,64	99,28
Costos directos	US\$/ha	140,45	150,01	210,02
Costo unitario	US\$/t	58,52	75,01	116,68
Margen bruto	US\$/ha	556,38	451,68	198,83

Fuente: SAGPyA s.f.

Nota: 1/ Se estiman 4 kg y 6 kg de semilla por hectárea para girasol y colza, respectivamente.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Iniciativas públicas y privadas productoras de biodiésel

El interés por el biodiésel en Argentina surgió con fuerza durante los últimos años de la década de los noventas. Emergieron así emprendimientos y proyectos en distintas localidades del país, con diferentes capacidades de producción. El marcado crecimiento en el precio de los aceites vegetales acontecido entre el 2001 y principios del 2004 afectó sustancialmente los costos de producción y, en ausencia de un mercado garantizado por la obligatoriedad en la mezcla de gasoil con biodiésel, la industria se vio obligada a cerrar plantas o a reorientar el biodiésel hacia la industria oleoquímica.

El establecimiento de un marco regulatorio y promocional para los biocombustibles, a partir de la Ley 26 093, en conjunción con el contexto mundial marcado por el crecimiento sostenido del precio del petróleo, una mayor conciencia ambiental a partir del impacto cada vez más concreto del cambio climático, la generalización de políticas mundiales favorables al uso de los biocombustibles y las perspectivas de grandes mercados importadores, como el de la UE, generaron las condiciones para el resurgimiento y renovado impulso del sector en Argentina.

Desde el 2006, se observa un aumento significativo de inversiones y numerosos anuncios de construcción de plantas efectuados por la industria aceitera nacional y multinacional principalmente, así como por empresas del sector agrícola, grupos de inversión y firmas petroleras.

Con base en las características de la legislación local y la perspectiva de una demanda insatisfecha a nivel mundial, se perfilan tres grandes segmentos productivos.

- ✓ Producción de biodiésel para exportación.
- ✓ Producción de biodiésel para el mercado interno.
- ✓ Producción de biodiésel para autoconsumo.

De acuerdo con estadísticas de la AABH, a fines del 2007 el sector contaba con ocho plantas habilitadas por la Secretaría de Energía, cinco plantas en construcción, 23 anteproyectos en estudio y más de 40 pequeñas plantas.

Las fábricas habilitadas y las plantas en construcción reúnen una capacidad instalada anual de 1,57 millones de toneladas y representan inversiones estimadas por la AABH en casi US\$300 millones. Si se agregan los anteproyectos en estudio, la capacidad anual se elevaría a 4,24 millones de toneladas, con un total de inversiones de US\$950 millones.

La mayor parte de estos proyectos se destina a producir para la exportación y se localizan principalmente en la provincia de Santa Fe, en el polo aceitero del Gran Rosario, sobre el río Paraná. Varias de estas plantas se situarán entre las más grandes del mundo, con capacidades de producción de entre 200 y 300 mil toneladas.

En los cuadros 1.7 (a) y 1.7 (b) se presenta un detalle de las iniciativas de producción de biodiésel, de acuerdo con su situación a finales del 2007: fábricas habilitadas por la secretaría de energía, plantas en construcción, y anteproyectos en estudio.

A la información de los cuadros, deben añadirse más de 40 pequeñas plantas identificadas por la AABH, cuyas capacidades oscilan entre las 0,3 mil y las 10,0 mil toneladas anuales, pero aún no cuentan con habilitación de la Secretaría de Energía.

De acuerdo con la AABH, la capacidad instalada de estas pequeñas plantas suma 28,1 miles de t/año aproximadamente.

Cuadro 1.7. Argentina. Proyectos de producción de biodiésel. 2007. Plantas habilitadas y en construcción.

Proyectos	Localización	Provincia	Capacidad nominal	Inversión estimada
			(miles de t/año)	(US\$ millones)
Plantas habilitadas por la Secretaría de Energía			604,5	110,0
Renova (Glencore y Vicentín)	San Lorenzo	Santa Fe	200,0	45,0
Ecofuel (Aceitera Gral. Deheza y Bunge)	Puerto San Martín	Santa Fe	200,0	45,0
Bio Madero	Villa Madero	Buenos Aires	72,0	4,0
Vicentín	Avellaneda	Santa Fe	47,5	6,0
Soy Energy	Villa Astolfi	Buenos Aires	32,4	3,0
Empresa Sanluisiense Energía Argentina	Villa Mercedes	San Luis	30,0	3,0
Advance Material Organics (AOM)	Parque Industrial Pilar	Buenos Aires	15,8	2,0
Biodiésel	Sancti Spiritu	Santa Fe	6,8	2,0
Plantas en construcción			970,0	187,0
Louis Dreyfus	General Lagos	Santa Fe	300,0	50,0
Patagonia Bioenergía	San Lorenzo	Santa Fe	250,0	47,0
Unitec Bio (Grupo Eurnekian)	Puerto San Martín	Santa Fe	200,0	45,0
Explora	San Lorenzo	Santa Fe	120,0	20,0
Molinos Río de la Plata	Rosario	Santa Fe	100,0	25,0
Subtotal de plantas habilitadas y plantas en construcción			1 574,5	297,0

Fuente: AABH.

Cuadro 1.8. Argentina. Proyectos de producción de biodiésel. 2007. Anteproyectos de biodiésel en estudio.

Proyectos	Localización	Provincia	Capacidad nominal	Inversión estimada
			(miles de t/año)	(US\$ millones)
Gea Biodiésel	San Lorenzo	Santa Fe	250,0	47,0
Cargill	Puerto San Martín	Santa Fe	200,0	45,0
Terminal Puerto de Rosario - Oil M&S (Combustibles del Rosario)	Rosario	Santa Fe	200,0	45,0
Asociación de Cooperativas Argentinas	Timbúes	Santa Fe	200,0	45,0
Raiser - ENARSA - Green Fuel	Timbúes	Santa Fe	200,0	45,0
BGS Group	S/D	S/D	200,0	45,0
Pure Biodiésel	S/D	S/D	200,0	45,0
Imperial Renewables	S/D	S/D	200,0	45,0
Greenlife, Capital Group Communications y Sausalito Capital Partners	Zona Franca Rosales	Buenos Aires	150,0	40,0
Repsol YPF	San Lorenzo	Santa Fe	100,0	30,0
Entaban - Nmás1	S/D	S/D	100,0	30,0
Oil Fox	San Nicolás	Buenos Aires	100,0	30,0
Villuco (Grupo Citrusvil)	Pinto	Santiago del Estero	100,0	30,0
Agricultores Federados Argentinos	Zona Franca Constitución	Santa Fe	100,0	30,0
Prarex Int'L LTD	Malbrán o Pinto	Santiago del Estero	100,0	30,0
Biokraftstoffe Vom Süden / Proyecto BKS	S/D	S/D	100,0	30,0
Agroindustrias Tejedor	San Lorenzo	Santa Fe	60,0	15,0
Goldaracena	Gualedaychu	Entre Ríos	40,0	5,0
Diferal S.A.	Rosario	Santa Fe	30,0	10,0
Biocombustibles Federales	Pampa del Infierno	Chaco	20,0	5,0
Bioenergía Bragado	Bragado	Buenos Aires	12,0	3,0
Rosario Bio Energy	Rosario	Santa Fe	2,2	2,5
Energías Renovables Argentinas	Piamonte	Santa Fe	1,0	0,7
Anteproyectos de biodiésel en estudio			2 665,2	653,2

Fuente: AABH.

3.2. Institutos de investigación y desarrollo

A nivel de mejoramiento agro-productivo, el INTA desarrolla una serie de proyectos de investigación integrados y específicos a través del Programa Nacional de Cereales y Oleaginosas.

Cuadro 1.9. Argentina. Proyectos que desarrolla el INTA relacionados con el biodiésel.

Proyectos	Proyectos específicos
Desarrollo de ideotipos de cereales y oleaginosas para ambientes productivos y demandas específicas	<ul style="list-style-type: none"> a. Bases ecofisiológicas para el mejoramiento de cereales y oleaginosas. b. Mejoramiento molecular de cereales y oleaginosas. c. Desarrollo de material genético de oleaginosas menores. d. Desarrollo de genotipos de soja. e. Desarrollo de material genético de girasol.
Tecnologías para la producción sustentable de cereales y oleaginosas en sistemas agropecuarios de la región pampeana y extra-pampeana	<ul style="list-style-type: none"> a. Rotaciones y labranzas: sistemas agrícolas sustentables de alta productividad. b. Diagnóstico, reposición de nutrientes y tecnología de la fertilización. c. Adaptabilidad y estabilidad de cultivares de cereales y oleaginosas en diferentes ambientes productivos de la República Argentina. d. Manejo integrado de plagas, malezas y enfermedades. e. Manejo para calidad diferenciada en cereales y oleaginosas.

Fuente: Programa Nacional de Cereales y Oleaginosas del INTA.

En el marco del INTA, también se desarrolla el proyecto propio de la red “Producción de energía y tratamiento final de residuos”, que incluye el proyecto específico denominado: “Aprovechamiento de recursos vegetales y animales para la producción de biocombustibles”.

En este último participan diversas unidades del INTA, como estaciones experimentales agrícolas, el Instituto de Ingeniería Rural y el Instituto de Clima y Agua, así como universidades y el Programa Nacional de Biocombustibles de la SAGPyA.

El proyecto cuenta, entre otros, con los siguientes módulos:

- a) Determinación de áreas agro-climáticas del territorio argentino con capacidad para la producción de cultivos aptos para biocombustibles (nodo: Instituto de Clima y Agua del INTA).
- b) Homologación de biocombustibles en motores agrícolas, ensayos en laboratorio (nodo: Instituto de Ingeniería Rural del INTA).
- c) Aspectos tecnológicos de plantas de producción de biodiésel (Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE) de la Universidad Nacional del Litoral; nodo: EEA Sáenz Peña).

- d) Estudio de cultivos oleaginosos alternativos (colza - lino - cártamo) como materia prima para la elaboración de biodiésel (nodos: EEA Barrow y EEA Ascasubi).
- e) Evaluación de cultivos tropicales (EEA Salta).
- f) Capacitación y asesoramiento en biocombustibles (nodo: Programa Nacional de Biocombustibles de la SAGPyA).

Además del INTA y de acuerdo con un censo elaborado por el Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCyT) de julio del 2006, grupos de investigación públicos desarrollaban en Argentina actividades vinculadas con los biocombustibles y muchos de ellos ya estaban orientados al biodiésel, los cuales se listan en el Cuadro 1.10.

Cuadro 1.10. Argentina. Instituciones que realizan investigación relacionada con los biocombustibles.

En relación con:	Instituciones
Materia prima:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires: cultivos energéticos – Biogás en rellenos sanitarios. ✓ Universidad Nacional del Nordeste: Biogás a partir de desechos agropecuarios. ✓ Universidad Nacional de Cuyo: Programa Bioenergía – estudios de cultivos alternativos y tecnologías asociadas. ✓ Universidad Nacional del Tucumán: Biodegradación de lignina.
Procesos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Universidad Nacional del Litoral: Diseño, modelado optimización de procesos químicos continuos y discontinuos o <i>batch</i> - ingeniería de confiabilidad con control inteligente y supervisión de sistemas y procesos de biodiésel y bioetanol. ✓ Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ingeniería: Biocombustibles - obtención y caracterización de biodiésel en planta piloto. ✓ Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales: Biotecnología aplicada al tratamiento de glicerol como combustible. ✓ Universidad Tecnológica Nacional: Ensayos a escala laboratorio y de planta piloto - diseño de plantas y banco ensayo de motores. ✓ Universidad Nacional del Litoral: Diseño de instalaciones de biogás de RSU, residuos industriales y agropecuarios. ✓ Universidad Nacional de Salta: ID en producción de biodiésel con enzimas, catalizadores heterogéneos y aplicaciones directas de aceites como combustibles. tratamiento de glicerol. ✓ Universidad Nacional de Tucumán: Ingeniería de sistemas y procesos de bioetanol - diseño, operación óptima de procesos integrados en complejos agroindustriales azucareros.
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Universidad Nacional del Litoral: Control de calidad de combustibles de acuerdo con estándares internacionales y nacionales. Ensayos a escala laboratorio y planta piloto – diseño de plantas y reingeniería de procesos químicos. ✓ Universidad Tecnológica Nacional: Rendimiento y emisiones de gases de combustibles alternativos en motores de combustión. ✓ Universidad Nacional de Tucumán: Control de calidad de biocombustibles - experiencia en bioetanol – estudio genético de materias primas.

Fuente: Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología y el SeCyT.

Además de las iniciativas del INTA y de las censadas por la SeCyT, pueden mencionarse otros proyectos e instituciones que actualmente desarrollan investigaciones relacionadas con los cultivos oleaginosos y el biodiésel, como las que se refieren en el Cuadro 1.11.

Cuadro 1.11. Argentina. Instituciones que realizan investigación relacionada con la producción de biodiésel.

Institución	Proyecto/Investigación
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía	La cátedra de cultivos industriales (Departamento de Producción Vegetar) desarrolla actividades de investigación y ensayos de campo de especies de uso industrial, oleaginosas tradicionales de la pampa húmeda y nuevos cultivos para zonas áridas (<i>Jatropha y ricino</i>).
Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombres” (ente autárquico de la provincia de Tucumán)	Desarrolla el Proyecto Soja, que abarca dos líneas de investigación: a) mejoramiento genético (planes de introducción de variedades públicas privadas y colección, de conservación de germoplasma, de obtención de variedades locales, de evaluación variedades públicas y privadas de soja, red de evaluación de variedades de soja en macroparcelas para el noroeste argentino); b) agronomía (arreglo espacial y variedades en soja de primavera bajo riego, evaluación de cultivares en diferentes fechas de siembra, agricultura de precisión, manejo de malezas, de suelos y fertilizantes, de plagas, entre otros).
Universidad de Buenos Aires	Facultades de Farmacia y Bioquímica y de Ingeniería: actividades de investigación y de intercambio tecnológico y de personal en el área de los biocombustibles, con interés centrado en la producción de biodiésel a partir de aceite de microalgas, en la marca de un convenio suscrito con una empresa privada.
Universidad Tecnológica Nacional	Facultad Regional Villa María: el laboratorio del Centro de Investigaciones en Tecnología Lactocárnica (CITELAC) desarrolla ensayos de biodiésel a partir de grasa animal y de aceite de cocina usado.
Asociación Ad Hoc, conformada por la Fundación Innovar, el Conicel, Enarsa, las municipalidades de Junín y Chacabuco, el Consorcio Productivo del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires y empresas privadas y organismos no gubernamentales (ONG)	Proyecto integrado biocombustibles: “Generación y optimización de tecnologías de producción de biocombustibles e implantación de un laboratorio de investigación, desarrollo y garantía de calidad”, con financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.
Universidad Nacional de Cuyo	Programa de investigación y desarrollo de biocombustibles, con el apoyo financiero de REPSOL YPF. Se dirige a cubrir todas las etapas de generación de los biocombustibles, desde la siembra de la oleaginosa (colza como primer alternativa), el estudio de la rentabilidad, la contaminación y la logística necesaria, hasta la certificación de calidad del producto.

Fuente: Elaboración propia.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El grado de interés del Gobierno con respecto a la implementación de políticas de apoyo a la producción de biodiésel es elevado y se fundamenta en la disponibilidad de recursos naturales, la competitividad del sector agrícola argentino, las implicaciones ambientales de su introducción en la matriz energética (reducción de las emisiones de carbono), la potencialidad del sector agropecuario para posicionarse como fuente de energía, lo que produce inversión, trabajo y valor agregado a la cadena, y la generación de oportunidades para las pequeñas y medianas empresas (pymes) agropecuarias y para las economías regionales.

Además del establecimiento de una demanda cautiva a partir del corte obligatorio del gasoil con el biodiésel, la Ley 26 093 establece un régimen de promoción que cuenta con los siguientes incentivos para la producción de biodiésel y etanol:

- Promoción de la inversión en bienes de capital y obras de infraestructura:
 - a. Devolución anticipada de IVA.
 - b. Amortización acelerada para impuesto a las ganancias.
- Los bienes afectados a proyectos aprobados por la Autoridad de Aplicación no integran la base propuesta de impuesto a la ganancia mínima presunta.
- El biodiésel y el bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para satisfacer las cantidades previstas en los Artículos 7, 8 y 12 de la Ley, no estarán alcanzados por:
 - La tasa de infraestructura hídrica establecida por el Decreto n.º 1381/01.
 - El impuesto sobre los combustibles líquidos y el gas natural establecido en el Capítulo I, Título III de la Ley N° 23.966, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones.
 - Por el impuesto denominado "Sobre la transferencia a título oneroso o gratuito o sobre la importación de gasoil", establecido en la Ley n.º 26.028, ni por los tributos que en el futuro puedan sustituir o complementarlos.
- La Autoridad de Aplicación garantizará que las instalaciones autorizadas para la mezcla adquieran biodiésel y etanol a sujetos promovidos, a precios de referencia y hasta agotar su producción disponible.
- Promoción de cultivos, pymes e investigación y transferencia de tecnología:
 - a. Programas específicos que desarrollará la SAGPyA, destinados a promover aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva
 - b. La Subsecretaría de Pymes y Desarrollo Regional (SSE PyMEyDR) promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinadas a la producción de biocombustibles, en las que se considerará el equilibrio regional.
 - c. La SeCyT promoverá la investigación, cooperación y transferencia de tecnología entre las pymes y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, mediante programas específicos.

Los sujetos beneficiarios del régimen de promoción son los proyectos instalados en Argentina, habilitados con exclusividad para el desarrollo de la actividad, con capital mayoritario aportado por el Estado Nacional, las provincias, los municipios o personas físicas o jurídicas dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria y que hayan accedido al cupo fiscal total de los beneficios proporcionales.

El régimen de promoción también incluye la producción de biocombustibles para autoconsumo (definido por el Decreto Reglamentario de la Ley, como el caso donde una persona física o jurídica produzca biocombustibles para consumo propio con materia prima también producida por ella), que solo gozará de los beneficios impositivos previstos respecto de los combustibles fósiles.

El cupo fiscal que se fijará anualmente en la ley de presupuesto, priorizará:

- a) Promoción de pymes.
- b) Promoción de productores agropecuarios.
- c) Promoción de economías regionales.

Con respecto a la promoción de las economías regionales, la Autoridad de Aplicación podrá establecer cuotas de distribución del cupo fiscal para favorecerlas, con una concurrencia no inferior al 20% de la demanda total de biocombustibles generada por las destilerías y refinerías de petróleo.

En cuanto a las líneas programáticas específicas, a nivel nacional, y en el ámbito de la SAGPyA, se destaca el Programa Nacional de Biocombustibles (creado por la Resolución 1156/2004, SAGPyA), cuyos objetivos son:

- a. Promover la elaboración y el uso sustentable de los biocombustibles como fuente de energía renovable y alternativa a los combustibles fósiles.
- b. Apoyar y asesorar a sectores rurales en el desarrollo y puesta en marcha de plantas para la elaboración de biodiésel y bioetanol como alternativa productiva para el desarrollo local y territorial.
- c. Colaborar y apoyar a instituciones, organizaciones y entidades de bien público dedicadas a la investigación y difusión en el uso del biocombustible.
- d. Promover las inversiones privadas y públicas para el desarrollo de los biocombustibles.

También existe otro Programa Nacional de Biocombustibles, en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Resolución 1076/2001, Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental), que se encuentra orientado a los aspectos medioambientales de la producción de biocombustibles.

A nivel provincial, algunas provincias se han adherido a la Ley 26 093 y han establecido sus propios instrumentos legislativos y regímenes de promoción, que incluyen beneficios fiscales vinculados con los tributos provinciales.

En el Cuadro 1.12 se detalla dicha información.

Cuadro 1.12. Argentina. Instrumentos provinciales de promoción a los biocombustibles.

Provincia	Legislación	Beneficios
Santa Fe	Ley 12 691/06: adhesión a la Ley Nacional 26 093 Ley 12 692/06: régimen promocional para Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Decreto 158/07: reglamenta la Ley 12 692.	Exención1 reducción y/o diferimiento de tributos provinciales (ingresos brutos, sellos, inmobiliario y patente automotriz) por 15 años.
Buenos Aires	Ley 13 179/07: Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Exención del pago de los impuestos a los ingresos brutos, inmobiliario y sellos por 15 años (proyectos para autoconsumo o promovidos por la Ley Nacional 26 093) por diez años (proyectos orientados al mercado domestico o a la exportación). Estabilidad fiscal por 15 o diez años según corresponda. Creación del Fondo para la Promoción y Fomento de los Biocombustibles (FONBIO).
Córdoba	Ley 9 937/07: Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Exención por 15 años de impuestos que graven a los ingresos brutos; a la producción, industrialización y almacenamiento: a los sellos. Acceso a Ley 9121 de promoción y desarrollo industrial de córdoba.
Santa Cruz	Ley 2 962/07.	Exención de tasas e impuestos provinciales a las operaciones y actos realizados por beneficiarios de la Ley Nacional 26 093.
Entre Ríos	Proyecto de adhesión a la Ley Nacional 26 093 (media sanción).	Exención impositiva sobre ingresos brutos, sellos e inmobiliario por el término de cinco años.
Corrientes	Ley 5 744/06. Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Solo adhesión a la Ley Nacional. Faculta al Poder Ejecutivo provincial a dictar norma específica.
Jujuy	Ley 5 534/36. Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Solo adhesión a la Ley Nacional.
Misiones	Ley 4 352/07: Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Solo adhesión a la Ley Nacional.
San Juan	Ley 7 715/07: Adhesión a la Ley Nacional 26 093.	Solo adhesión a la Ley Nacional.
Mendoza	Ley 7 560106: Promoción de la producción de biodiésel. Adhesión a Decreto (PEN) 1396/01.	Exención por diez años de los impuestos a los ingresos brutos y de sellos.
Neuquén	Ley 3413102 Adhesión a Decreto (PEN) 1396/01.	Exención por diez años de los impuestos a los ingresos brutos, de sellos e inmobiliario.
Río Negro	Ley 3 844/04 Adhesión a Decreto (PEN) 1396/01.	Exención por diez años de los impuestos a los ingresos brutos, de sellos e inmobiliario.

Fuente: SAGPyA s.f..

4.2. Marco regulatorio

La Ley 26 093 Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de biocombustibles, establece que todo combustible caracterizado como gasoil (diésel), comercializado en el territorio nacional, deberá contener obligatoriamente un porcentaje del 5% de biodiésel a partir año 2010.

Otras normas de interés dentro del marco jurídico se detallan en el Cuadro 1.13.

Cuadro 1.13. Argentina. Marco jurídico relevante a la promoción de la inversión productiva.

Principales normas que regulan la producción	
Regulación y promoción para la producción y uso sustentable de los biocombustibles.	<p>Ley 26 093 - 19 de abril de 2006. Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de biocombustibles. Autoridad de aplicación. Funciones. Comisión Nacional Asesora. Habilitación de plantas productoras. Mezclado de biocombustibles con combustibles fósiles. Sujetos beneficiarios del régimen promocional. Infracciones y sanciones.</p> <p>Decreto 109/2007 - 13 de febrero de 2007: actividades alcanzadas por la Ley 26 093, Autoridad de Aplicación, funciones. Comisión Nacional Asesora, habilitación de plantas productoras, régimen promocional.</p>
Definición y especificaciones del biodiésel.	<p>Resolución N° 129/2001. Secretaría de Energía y Minería. Resolución N° 1283/2006. Secretaría de Energía y Minería.</p>
- Indicadores de calidad.	<p>Normas del Instituto Argentino de Normalización (IRAM) - 10 de diciembre de 2001. Establecimiento de los requisitos y métodos de ensayo para el biodiésel, comercialización y suministro en Argentina.</p>

Fuente: SAGPyA(s.f.).

5. Aspectos potenciales

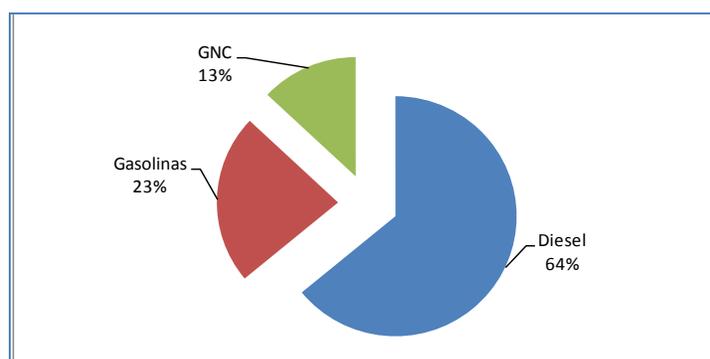
5.1. Consumo de diésel en el país

La estructura de consumo combustibles fósiles para transporte Argentina se encuentra altamente concentrada en el diésel (64% en el 2007), seguida por las naftas (23%) y el gas natural comprimido (13%).

Desde el comienzo de la recuperación económica el 2003, el consumo interno de combustibles ha crecido significativamente, en una proporción sustancialmente mayor al crecimiento de la producción. El consumo de gasoil en el 2007 fue un 31% mayor al registrado en el 2003, frente a un 9% de crecimiento de la producción en el mismo período.

La producción de gasoil sumó 13 millones de m³ en el 2007, frente a un consumo de 13,85 millones. Argentina es importadora neta de este combustible desde el año 2005. Las importaciones, cuya tendencia es creciente, sumaron 847 mil m³ en el 2007 (6% del consumo interno). Esta cantidad es 3,6 veces mayor a la registrada en el 2003 y representó una salida de divisas de US\$509 millones.

Figura 1.2. Argentina. Estructura del consumo de combustibles fósiles para transporte 2007.



Fuente: Elaborado por la Oficina del IICA en Argentina, con datos de la Secretaría de Energía y de la Cámara Argentina del GNC.

5.2. Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel en el país

Por las razones descritas y consideradas las grandes inversiones realizadas por la industria aceitera en la construcción de plantas de producción de biodiésel de gran escala, Argentina reúne condiciones para formar parte del grupo de los principales productores mundiales y tener una presencia muy significativa como exportador mundial.

En el Cuadro 1.14 se presenta una proyección de la producción de biodiésel tanto para el mercado interno y como para el externo, en el período comprendido entre el 2007 y el 2015, de acuerdo con la AABH.

Cuadro 1.14. Argentina. Proyecciones de la producción de biodiésel

Proyección de la producción argentina de biodiésel (en miles de tn)								
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Consumo de Gasoil (1)	12.041	12.462	12.899	13.350	13.817	14.301	14.801	15.320
Mercado Interno de biodiésel (5%)			645	668	691	715	740	766
Capacidad instalada biodiésel para exportación (2)	1.500	1.800	1.980	2.178	2.287	2.401	2.521	2.647
Producción biodiésel para Exportación (3)	1.350	1.620	1.782	1.960	2.058	2.161	2.269	2.383
Producción total de biodiésel	1.350	1.620	2.427	2.628	2.749	2.876	3.009	3.149

(1) El incremento anual en el consumo de gasoil se estimó en un 3,5% anual para todo el período

(2) Para el cálculo se consideró una tasa de crecimiento del 10% anual para el período 2010/11 y del 5% para el 2012/20

(3) Se estimó la producción para exportación en un 90% de la capacidad instalada

Fuente: Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno

Fuente: AABH.

Con su producción agrícola actual, Argentina dispone de forma inmediata de la materia prima necesaria para satisfacer los requerimientos de su mercado doméstico potencial.

De acuerdo con el Programa Nacional de Biocombustibles de la SAGPyA, al primer año de implementación de la Ley de Biocombustibles, el mercado proyectado se situará en 645 mil toneladas de biodiésel en el 2010 (733 millones de litros), que surgirán a partir de la mezcla obligatoria de gasoil con un 5% de biodiésel.

Según estimaciones de dicho organismo, abastecer el mercado interno en el 2010 requerirá 670 mil toneladas de aceite (se supone una merma del 4% en el proceso de conversión a biodiésel), 3,5 millones de toneladas de soja (7% de la producción de 2006-07) y 1,3 millones de hectáreas de soja equivalente (8% del área sembrada con soja o 4% del área sembrada con granos en el período 2006-2007).

De acuerdo con el INTA⁵, a partir del supuesto de una mayor tasa de crecimiento en el consumo de gasoil, el mercado interno de biodiésel se situaría en 886 millones de litros en el 2010 (780 mil toneladas).

Según los anteriores cálculos provenientes del INTA, la demanda interna de biodiésel requeriría de 4,9 millones de toneladas de soja y un área agrícola de 1,09 millones de hectáreas (soja de 1° con tecnología de punta en siembra directa), 1,76 millones de hectáreas (soja de 1° en siembra directa o convencional) o 2,23 millones de hectáreas (soja de 2° en siembra directa).

⁵ Biocombustibles: cálculo de la superficie mínima necesaria para cubrir la cuota del 5% de corte para el 2010, disponible en: www.inta.gov.ar/actual/info/biocombustible.pdf

A continuación se presenta el Cuadro 1.15 que contiene el detalle del área agrícola requerida, a la luz de los objetivos de la Ley 26 093 para el año 2010.

Cuadro 1.15. Argentina. Requerimientos potenciales de materia prima agrícola para la aplicación de la legislación.

Área agrícola necesaria para cubrir los requerimientos de biodiésel de la Ley 26.093 en el 2010

Cultivos	Rendimiento (ton/ha)	Requerimientos de materia prima agrícola para la aplicación de la legislación			
		Coef. de conversión BC / ton MP)	Litros de BC requeridos por Ley (L)	Volumen producto (t)	Área agrícola necesaria (ha)
Colza	2,70	440	886 152 700	2 013 983	745 920
Girasola convenc.	2,15	465	886 152 700	1 905 705	886 374
Girasol SD	2,10	465	886 152 700	1 905 705	907 479
Girasol SD T.P.	2,65	465	886 152 700	1 905 705	719 134
Soja 1° convenc.	2,80	180	886 152 700	4 923 070	1 758 239
Soja 1° SD	2,80	180	886 152 700	4 923 070	1 758 239
Soja 1° SD T.P.	4,50	180	886 152 700	4 923 070	1 094 016
Soja 2° SD	2,20	180	886 152 700	4 923 070	2 237 759

Fuente: INTA 2010.

El requerimiento de producción y área agrícola aumenta significativamente si se tiene en cuenta la producción de biodiésel para exportación. Consideradas las proyecciones de producción de biodiésel de la AABH para el año 2010 (2,43 millones de toneladas compuestas por 645 mil toneladas destinadas al mercado interno y 1,78 millones de toneladas para exportación), se desprende que se necesitarían aproximadamente unas 2,67 millones de toneladas de aceite, 13,9 millones de toneladas de grano de soja y un área agrícola de entre 3,1 (soja de 1° con tecnología de punta en siembra directa) y 5 millones de hectáreas (soja de 1° en siembra directa o convencional).

Estas cifras requerirían un 38% de la producción de aceite del 2007, 29% de la producción de soja del 2006-2007 y entre un 19% y un 31% del área con soja del 2006-2007, respectivamente (o entre el 10% y el 16% del área sembrada con granos en dicha campaña).

Estos requerimientos podrían cubrirse a través de una reducción de los saldos exportables de aceite (6,6 millones de toneladas en el 2007) y de poroto de soja (11,8 millones de toneladas en el 2007).

5.3. Fuentes potenciales de aceite

5.3.1. Fuentes de origen animal

Entre las materias primas no agrícolas, la grasa bovina se presenta como una alternativa con potencial relevante. De acuerdo con estimaciones del Programa Nacional de Biocombustibles de la SAGPyA, la producción potencial de biodiésel que podría obtenerse a partir de la grasa bovina se ubicaría en 250,8 mil toneladas anuales.

5.3.2. Fuentes de origen vegetal

Además de las materias primas de disponibilidad inmediata (soja y el girasol), puede mencionarse una serie de materias primas potenciales producidas actualmente en Argentina, en cantidades sustancialmente menores o con escasa o inexistente experiencia a nivel doméstico, pero factibles de ser producidas en el país.

Dentro de este grupo, se destaca principalmente la colza, muy valorada y con posibilidades auspiciosas en Argentina debido a factores como:

- a. La alta superficie apta para su cultivo en el país.
- b. La posibilidad que brinda para la diversificación y el doble cultivo con soja, su alto contenido de aceite en grano (40% a 50%) y rendimiento potencial de biodiésel por hectárea.
- c. La calidad química de su aceite y el alto valor proteico de los subproductos de la extracción de su aceite.

Por tratarse de un cultivo de ciclo invierno - primaveral (frente al carácter estival de las oleaginosas producidas en Argentina), la colza permitiría abastecer a la industria en momentos en que se encuentre ociosa.

Otro cultivo con potencial para la producción de biodiésel es el cártamo, valorado a partir de los siguientes argumentos:

- a. Su rusticidad y excelente adaptación a condiciones de aridez, que lo liberaría de competir con tierras destinadas a la producción de alimentos.
- b. Su carácter de cultivo regional, con potencial para ser producido en zonas áridas y semiáridas de las provincias del noroeste argentino (NOA) y nordeste argentino (NEA)⁶.
- c. Se trata de una oleaginosa de ciclo invernal, por lo que no competiría con los cultivos estivales.

⁶ En el ciclo 2006/07 su producción estuvo concentrada en la provincia de Salta (96%) y Santiago del Estero (4%). En ciclos anteriores se registran antecedentes en Chaco, Jujuy, Catamarca y Tucumán.

- d. En el caso específico de las variedades de semilla mejoradas –alto oleicas–, el alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados de su aceite genera un biodiésel de calidad óptima.

El ricino o tártago constituye otra alternativa muy valorada, especialmente desde el punto de vista socioeconómico. En Argentina su producción ha sido históricamente marginal y se dejó de cultivar a partir de 1989, por lo que el país se convirtió en importador neto de su aceite (Wassner 2006)⁷. Para Wassner (2006), Falasca y Ulberich (2007) y Falasca *et. al.* (2005), entre las ventajas del ricino se destacan:

- a. Es un cultivo de mano de obra intensivo, con potencialidad para ser desarrollado por la agricultura familiar.
- b. Se trata de un cultivo rústico apto para crecer en condiciones de clima subhúmedo y semiárido, lo cual permitiría su desarrollo en áreas marginales (no competiría con oleaginosas tradicionales y podría fomentar el desarrollo local en economías regionales)⁸.
- c. Posee bajos requerimientos de insumos y simplicidad en su manejo.
- d. Cuenta con un alto porcentaje de aceite en semilla y rendimiento potencial de biodiésel por hectárea, superior al del resto de las oleaginosas producidas actualmente en Argentina.

Además de los casos mencionados, existen otros cultivos, en donde la experiencia existente es nula a escala comercial e incipiente en materia de investigación. Entre ellos se destaca la *Jatropha*, cultivo con alto rendimiento potencial de aceite por hectárea y adaptable a zonas semiáridas y cálidas, que aún no registra producción comercial en el país, aunque su introducción despierta interés creciente por parte del sector público y de algunas ramas de sector privado. En el norte del país, crecen en forma asilvestrada algunas especies de *Jatropha*, entre ellas las de los subgéneros *curcas* y *macrocarpa*, que son las más valoradas para la extracción de aceite.

Entre otras oleaginosas no tradicionales, pueden mencionarse el cardo o cardo penquero (*Cynara cardunculus* L.), la lesquerella (*Brassicaceae*), la jojoba y el lupino. Se trata de alternativas que, en teoría, podrían representar posibilidades para economías regionales, por su posibilidad de desarrollarse en zonas áridas o de climas fríos, lo cual a su vez implicaría no competir con la utilización de tierra para la producción de alimentos.

⁷ No se dispone de estadísticas oficiales sobre la producción de ricino en Argentina. De acuerdo con Wassner (2006), la provincia de misiones, a partir de un programa de promoción del cultivo lanzado en el 2004, ha alcanzado una superficie de 4000 ha en el 2006.

⁸ Falasca y Ulberich (2007) determinan que el ricino podría cultivarse con probabilidad de éxito en condiciones de secano en parte de las provincias de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja, San Juan, San Luis, Mendoza, La Pampa, Santiago del Estero, Río Negro y Chubut, además de las provincias que vienen realizando históricamente agricultura de secano.

En general, estas alternativas enfrentan diversas restricciones por superar, en términos de falta de conocimiento científico y técnico, carencia de experiencia y desarrollo tecnológico, mercado aún inexistente y cadenas aún no articuladas.

A su vez, a estas limitantes se añaden otras adicionales que, según cada cultivo, están relacionadas con el bajo rendimiento potencial de biodiésel por hectárea (cártamo, lesquerella y lupino), la calidad química del aceite (ricino, lesquerella y lupino) o el costo de oportunidad que representa la alta cotización de sus aceites en los mercados mundiales (ricino, cártamo alto oleico y jojoba).

Otra opción radica en las algas, ya que se considera el extenso litoral marítimo argentino y el alto rendimiento potencial de biodiésel por hectárea que presenta esta alternativa. Esta posibilidad es valorada en la región patagónica, en donde se está desarrollando un proyecto privado, con apoyo del gobierno de la provincia de Chubut.

A continuación se presenta el Cuadro 1.16 que contiene información de algunos cultivos referidos en esta sección, incluido el detalle del desempeño potencial esperado en rendimiento agrícola e industrial.

Cuadro 1.16. Argentina. Rendimiento potencial de biodiésel por ha, dependiendo de la materia prima.

Cultivo	Rendimiento (kg/ha) ⁽¹⁾	Porcentaje de aceite en semilla ⁽²⁾	Rendimiento (kg de aceite/ha)	Aceite lt/ha (0,93 kg/lt)	Lt/hta	Biodiésel ATS/ha
Jatropha	4000	30	1200	1 290	0,96	1239
Ricino	2300	45	1035	1 113	0,96	1068
Girasol	1960	45	882	948	0,96	910
Colza	1760	40	704	757	0,96	727
Soja	2970	18	535	575	0,96	552
Cártamo	1060	35	371	399	0,96	383

Notas:

1. En los casos de girasol, colza, soja y cártamo, se consideró el máximo registro histórico de rendimiento a nivel nacional. En los casos de *jatropha* y ricino, se consideraron estimaciones del Programa Nacional de Biocombustibles.

2. Estimaciones del Programa Nacional de Biocombustibles.

Fuente: Elaborado por la Oficina del IICA en Argentina, con base en el Programa Nacional de Biocombustibles y estadísticas de SAGPyA.

6. *Resumen*

Argentina presenta condiciones altamente favorables para transformarse en uno de los principales polos mundiales de producción de biodiésel, con presencia significativa en el mercado internacional. Cuenta con amplias condiciones agroecológicas para el cultivo de oleaginosas, altos saldos exportables en sus materias primas de disponibilidad inmediata (es el primer exportador mundial de aceite de soja y de girasol) y un sector agrícola altamente competitivo. Además, su industria aceitera es una de las más eficientes del mundo.

Desde el 2006 se ha producido un incremento de inversiones en plantas de biodiésel, algunas de las cuales comenzaron a funcionar en los últimos meses del 2007. Las plantas habilitadas y en construcción, mayoritariamente orientadas a la exportación, suman una capacidad instalada de 1,6 millones de toneladas y entre ellas se encuentran algunas de las más grandes del mundo.

La introducción a escala comercial del biodiésel en la matriz energética argentina está prevista para el año 2010, cuando comenzará a regir la mezcla obligatoria del 5% en el gasoil, lo que generará un mercado doméstico estimado en 645 mil toneladas para dicho año.

7. *Instituciones vinculadas*

- AABH (Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno).
- CIARA (Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina).
- IICA (AR). Noticias del mercado argentino y mundial de biocombustibles. Boletines mensuales.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Información institucional sobre programas de I&D.
- SAGPyA, Dirección de Coordinación de Delegaciones. Estimaciones Agrícolas.
- SAGPyA, Programa Nacional de Biocombustibles.
- Universidad de Buenos Aires - Facultad de Agronomía. Bioenergía 2006: Avances y perspectivas.

1. Producción de biodiésel
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales de aceite*
 - 2.1.1. *Soja*
 - 2.1.2. *Girasol*
 - 2.1.3. *Algodón*
 - 2.1.4. *Maní*
 - 2.1.5. *Mamona (ricino)*
 - 2.1.6. *Palma aceitera*
 - 2.1.7. *Jatropha (piñón manso)*
3. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 3.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 3.2. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel en el diésel*

1. Producción de biodiésel

Brasil es un país productor de biodiésel desde el 2005, año en el cual el Gobierno Federal lanza el Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel (PNPB)⁹. A partir de entonces, la producción de biodiésel, principalmente basado en el aceite de soja, se dispara

⁹ El PNPB es una acción interministerial del Gobierno Federal, cuyo objetivo es la implementación de forma sustentable, tanto técnica como económicamente, de la producción y uso de biodiésel, con enfoque de inclusión social y desarrollo regional, por medio de la generación de empleo e ingreso. Las principales directrices del PNPB son: implementar un programa sustentable que promueva la inclusión social, y garantizar precios competitivos, calidad de suministro y producción de biocombustibles a partir de diferentes fuentes oleaginosas en diversas regiones.

La gestión operacional del programa es hecha por el Ministerio de Minas y Energía (MME). El uso comercial del biodiésel en Brasil fue autorizado en diciembre del 2004, inicialmente para una mezcla B2. La Ley n.º 11 097 estableció que, hasta que el final del 2007, la mezcla será autorizada y comenzará a ser obligatoria en un porcentaje del 2% entre el 2008 y el 2012.

No obstante, las metas han sido superadas y actualmente el volumen ha sido elevado al 4% (B4), también de forma obligatoria, a partir de julio del 2009.

y crece hasta llegar a producir más de 400 millones de litros en el 2007, mientras que en el 2008 se produjeron 1164 millones de litros, es decir, casi tres más del biodiésel producido en el 2007 (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Producción de biodiésel en Brasil.

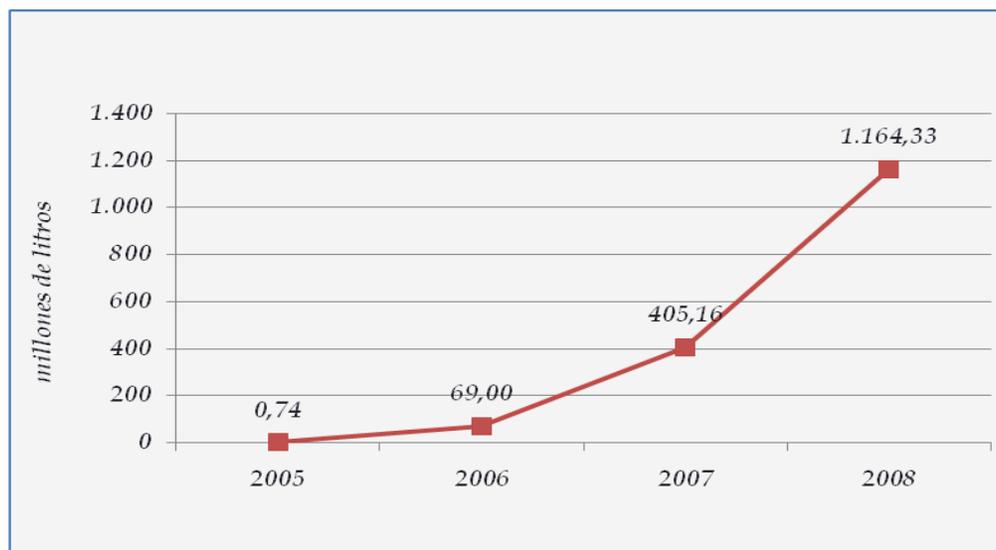
Año	Producción (millones de litros)
2005	0,74
2006	69,00
2007	404,32
2008	1167,12

Fuente: www.anp.gov.br

Como se muestra en la Figura 2.1, la producción del biodiésel totalizó 1164,3 millones de litros en el 2008, en relación con las entregas de los productores a los distribuidores y la formación de inventarios en Petrobras y la Refinería Alberto Pasqualini (Refap). El desempeño alcanzado en ese año representó un 187,4% de crecimiento con respecto al año anterior, cuando la producción fue de 405,16 millones de litros.

La capacidad de la producción nominal excede 3700 millones de litros anuales, de los cuales el 91% ostenta el sello de combustible social (*selo combustível social*).

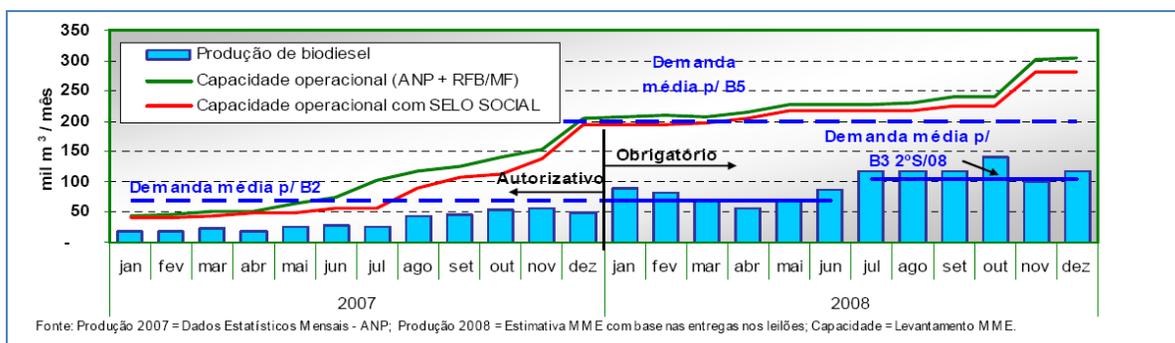
Figura 2.1. Evolución de la producción de biodiésel en Brasil (2005-2008).



Fuente: Datos disponibles en http://www.anp.gov.br/petro/dados_estatisticos.asp

En la Figura 2.2 se ilustra la evolución de la producción, la demanda y la capacidad de producir biodiésel durante el período 2007 - 2008. Aunque la producción creció a un ritmo menor que la capacidad de producción, ha alcanzado a suplir la demanda media para mediados del 2008.

Figura 2.2. Brasil. Evolución de la demanda, capacidad operativa y producción de biodiésel en el período 2007-2008.



Fuente: MEE 2008.

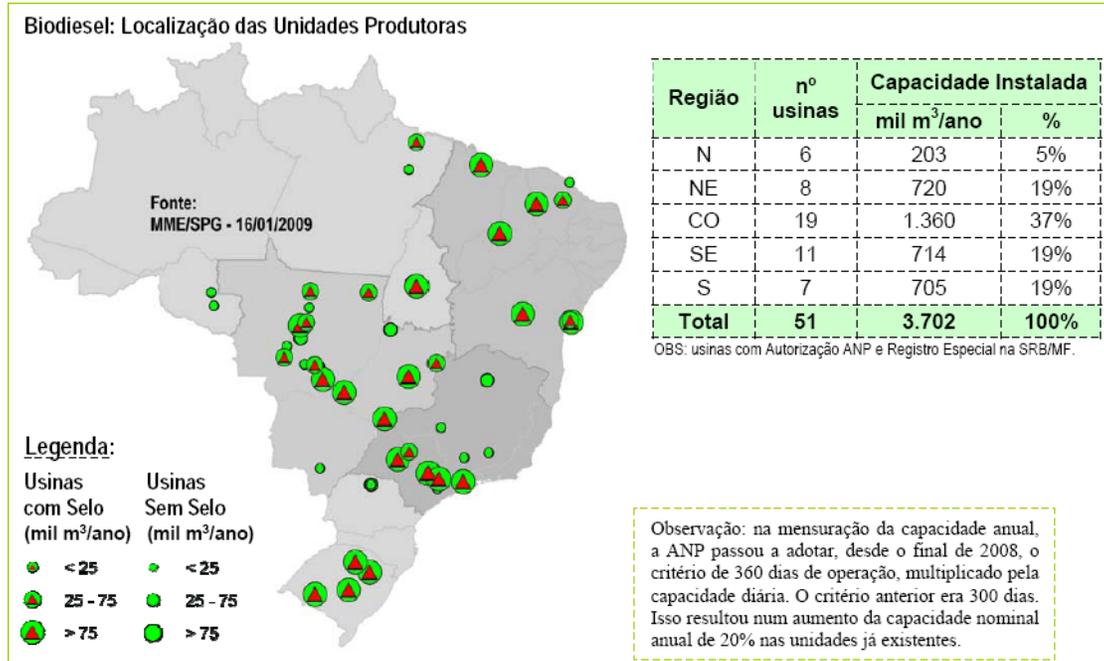
El Cuadro 2.2 muestra la producción por estados. Mientras que en el 2005 solo cuatro estados produjeron biodiésel, tres años más tarde, en el 2008, eran 13 los estados productores, entre los que se destacan Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Goiás y Sao Pablo como los mayores productores de biodiésel, con un 87,2% de la producción total (Figura 2.3).

Cuadro 2.2. Brasil. Producción de biodiésel por parte del Estado entre el 2005 y el 2008 (en miles de litros).

Estado	Años			
	2005	2006	2007	2008
Rio Grande Do Sul	0	0	42 696	306 056
Mato Grosso	0	13	15 170	282 127
Goiás	0	10 108	110 638	241 364
Sao Pablo	0	21 251	36 885	185 594
Bahía	0	4 238	71 774	65 982
Maranhão	0	0	23 509	36 172
Ceará	0	1 956	47 276	19 208
Tocantins	0	0	22 773	13 135
Paraná	26	100	12	7 294
Piauí	156	28 604	30 474	4 548
Pará	510	2 421	3 717	2 625
Rondônia	0	0	99	224
Minas Gerais	44	311	138	0
Total país	736	69 002	405 161	1 164 329

Fuente: Datos disponibles en www.anp.gov.br

Figura 2.3. Brasil. Localización geográfica de las unidades productoras de biodiésel.



Fuente: MAPA 2008.

Para abril del 2008, Brasil contaba con 38 plantas autorizadas y con un registro especial para producir biodiésel de la Secretaría de Ingresos Federales de Brasil, del Ministerio de Finanzas, con una capacidad de producción total de 2730 millones de litros por año. De estas 38 plantas, 27 tienen el sello para combustible social (Cuadro 2.3).

Cuadro 2. 3. Brasil. Empresas productoras de biodiésel.¹⁰

AUTORIZADAS PELA ANP E COM REGISTRO ESPECIAL NA RFB

	Produtor	Município	UF	Capacidade (MM L/ano)	Data Autorização/Ampliação ANP	Data Registro RFB	Data Concessão Selo
1	Agropalma *	Belém	PA	24	1/abr/05	4/ago/05	10/nov/05
2	Soyminas *	Cássia	MG	12	21/mar/05	4/ago/05	11/nov/05
3	Brasil Ecodiesel *	Florianópolis	PI	81	13/set/07	4/out/05	11/nov/05
4	Nutec	Fortaleza	CE	0,72	9/set/05	19/dez/05	
5	Biolix	Rolândia	PR	9	18/mar/05	23/mar/06	
6	Fertibom *	Catanduva	SP	12	15/set/06	23/mar/06	24/nov/06
7	Granol *	Campinas	SP	90	5/nov/07	27/mar/06	10/ago/06
8	Granol *	Anápolis	GO	122,1	5/nov/07	23/ago/06	14/nov/06
9	Brasil Ecodiesel *	Cratêus	CE	108	19/out/06	23/nov/06	13/dez/06
10	Brasil Ecodiesel *	Iraquara	BA	108	27/nov/06	7/dez/06	14/dez/06
11	Biocapital *	Charqueada	SP	247,2	5/nov/07	20/dez/06	26/dez/06
12	Fusermann	Barbacena	MG	9	26/dez/06	15/jan/07	
13	Comanche *	Simões Filho	BA	100,5	12/nov/07	9/fev/07	12/fev/07
14	Barralcool *	Barra dos Bugres	MT	50,01	19/dez/06	22/fev/07	26/mar/07
15	Oleoplan *	Veranópolis	RS	198,0	26/mar/08	5/abr/07	4/mar/07
16	Binatural *	Formosa	GO	25,2	17/jan/08	20/abr/07	16/jul/07
17	Biobras	Dom Aquino	MT	6	28/out/05	14/mar/07	
18	Brasil Ecodiesel *	São Luís	MA	108	30/abr/07	28/mar/07	30/jul/07
19	Brasil Ecodiesel *	Porto Nacional	TO	108	15/mar/07	1/jun/07	19/jul/07
20	Caramuru *	São Simão	GO	112,5	17/mar/07	18/jun/07	3/jul/07
21	Brasil Ecodiesel *	Rosário do Sul	RS	108	11/jun/07	28/jun/07	16/ago/07
22	Bioverde *	Taubaté	SP	80,232	16/abr/07	2/jul/07	9/nov/07
23	Agrosoja *	Sorriso	MT	24	15/mar/07	2/jul/07	28/set/07
24	BSBios *	Passo Fundo	RS	103,5	22/jun/07	26/jul/07	1/ago/07
25	Bracol (Ex. Bertin) *	Lins	SP	99,9	12/jul/07	22/ago/07	12/nov/07
26	Ouro Verde	Rolim de Moura	RO	5,1	15/mar/07	17/set/07	
27	Fiagril *	Lucas do Rio Verde	MT	122,988	13/set/07	19/set/07	30/out/07
28	ADM *	Rondonópolis	MT	169,5	5/set/07	9/out/07	30/out/07
29	CLV *	Colider	MT	30,0	13/dez/07	6/nov/07	9/nov/07
30	Ambra	Varginha	MG	0,72	20/jul/07	8/nov/07	
31	Granol *	Cachoeira do Sul	RS	122,7	15/set/07	9/nov/07	12/nov/07
32	Biocamp *	Campo Verde	MT	46,2	22/jun/07	12/nov/07	13/fev/08
33	Biopar	Rolândia	PR	36	22/jun/07	14/nov/07	
34	Biopar	Nova Marilândia	MT	8,4	12/nov/07	14/nov/07	
35	Araguassú	Porto Alegre do Norte	MT	30	29/ago/07	24/dez/07	
36	Usibio	Sinop	MT	6	17/mar/07	28/dez/07	
37	Agreenco *	Alto Araguaia	MT	198	17/jan/08	3/abr/08	10/abr/08
38	Biotins	Paraíso de Tocantins	TO	8,1	31/dez/07	24/abr/08	

* Com Selo Combustível Social

Total 38

Total 2.730,6

EMPRESAS COM SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

Total 27

Total 2.611,5

Otras autorizaciones de comercialización, de producción y de registro especial se detallan a continuación, al mes de diciembre del 2008:¹¹

- **Autorización de comercialización:** ANP n^o—586/2008 (Fiagril/MT), 587/2008 (Barralcool/MT), 591/2008 (Bio Óleo/MT), 594/2008 (Bioverde/SP), 595/2008 (ADM/MT); 596/2008 (BSBIOS/RS), 604/2008 (Coomisa/MT), 605/2008 (Caramuru/GO), 005/2009 (Biotins/TO), 013/2009 (Biocapital/SP), 026/2009 (Binatural/GO), 027/2009 (Petrobras Biocombustível/BA), 028/2009 (Petrobras Biocombustível/CE).
- **Autorización del productor:** ANP n^{os}—600/2008 (Ampliação Granol/RS); transferencia de titularidade da Petrobras/BA, CE e MG para Petrobras Biocombustível/Ba, CE e MG; 025/2009 (Cooperbio/Cuiabá-MT),

¹⁰ Autorizadas por la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP), del Ministerio de Minas y Energía y la Secretaría da Receita Federal do Brasil (RFB), do Ministério da Fazenda.

¹¹ Ministerio de Minas y Energía; Secretaría de Petróleo, Gas Natural y Combustibles Renovables (2008).

- **Registro especial:** Atos Declaratórios RFB/MF 32/2008 (Caibiense/MT), 33/2008 (Bicoar/MS), 01/2009 (Tauá/MT); 02/2009 a 04/2009 (cancela Petrobras/CE, BA e MG) e 05/2009 a 07/2009 (Petrobras Biocombustível/CE, BA e MG).

Con respecto a los costos de producción del biodiésel, en el Cuadro 2.4 se detallan los costos de producción por litro de biodiésel según los estados donde se produzca y la fuente de aceite para la cosecha 2004-2005.

Cuadro 2.4. Brasil. Costo de producción de biodiésel por Estado de acuerdo con la materia prima agrícola con arrendamiento en planta de 40 mil toneladas por año.

Región	Estado	Cultivo	Costo (R\$/litro)
1	Pará	Soja	1,167
		Palma aceitera	1,231
2	Bahía	Soja	1,670
		Mamona	1,585
		Carozo de algodón	0,712
3	Sao Pablo	Soja	1,247
		Maní	1,610
		Girasol	1,534
4	Rio Grande do Sul	Soja	0,883
		Girasol	1,649
5	Mato Grosso	Soja	0,883
		Girasol	1,034
		Carozo de algodón	0,975

Nota: Banco Central do Brasil. Cotações em Real 2004 / 2005 = 2,69. Disponible en <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao&id=txcotacao>

En el Cuadro 2.5 también se presenta el costo de producción de biodiésel según dos fuentes de aceite, soja y girasol. En ambos casos, el costo de producir biodiésel es similar: entre 2,5 R\$/kg con soja y 2,8 R\$/kg con girasol. Para ambos, la participación del costo de la materia prima en el costo total supera el 90%.

Cuadro 2.5. Brasil. Costo de producción de biodiésel según fuente.

Ítem	Unidades	Cantidad (a)	Precio medio (R\$/Kg) (b)		Costo según fuente (a) * (b)	
			Soja	Girasol	Soja	Girasol
Aceite	kg	1 000	2,31	2,64	2 310	2 640
Alcohol	kg	150	1,06	1,06	159	159
Catalizador	kg	5	4,40	4,40	22	22
Costo fijo					89	89
Costo total	r\$/kg				2 580	2 910
Menos glicerina	kg	150	0,60	0,60	90	90
Costo final	kg				2 490	2 820
Costo final	m3				2 216	2 510

Notas: 1/ Precio del aceite tomado de la cotización internacional a mayo del 2008.

2/ Banco Central de Brasil. Cotações em Real maio 2008 = 1,66

Disponible en <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao&id=txcotacao>

Fuente: MAPA 2008.

2. La materia prima para la producción de aceite

Brasil es un gran productor y exportador de aceite. La producción creció a partir del ciclo 2005 - 2006 a un ritmo anual del 7%, el cual sobrepasó los siete millones de toneladas en los dos últimos años (Cuadro 2.5, Figura 2.4).

Cuadro 2.6. El balance del aceite en Brasil 2003–2008 (millones de toneladas).

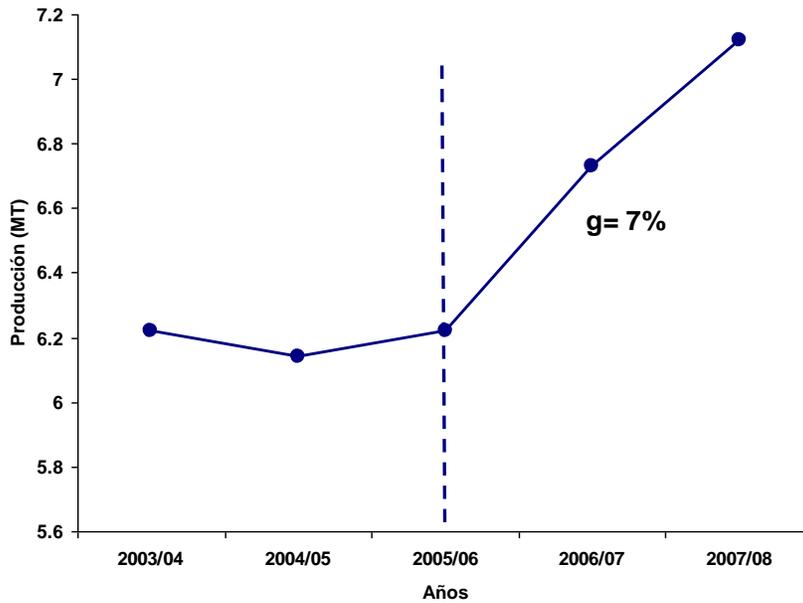
Año	Producción ⁽¹⁾	Exportaciones	Importaciones	Exp. netas	Consumo
2003	6,22	2,79	0,00	2,79	3,43
2004	6,14	2,55	0,00	2,55	3,59
2005	6,22	2,55	0,00	2,55	3,67
2006	6,73	2,53	0,00	2,53	4,2
2007	7,12	2,53	0,00	2,53	4,59
2008 (2)	7,10	2,36	0,00	2,36	4,74

Notas: (1) Estimado como exportaciones + consumo doméstico.

(2) Hasta el 9 de junio.

Fuente: USDA 2008.

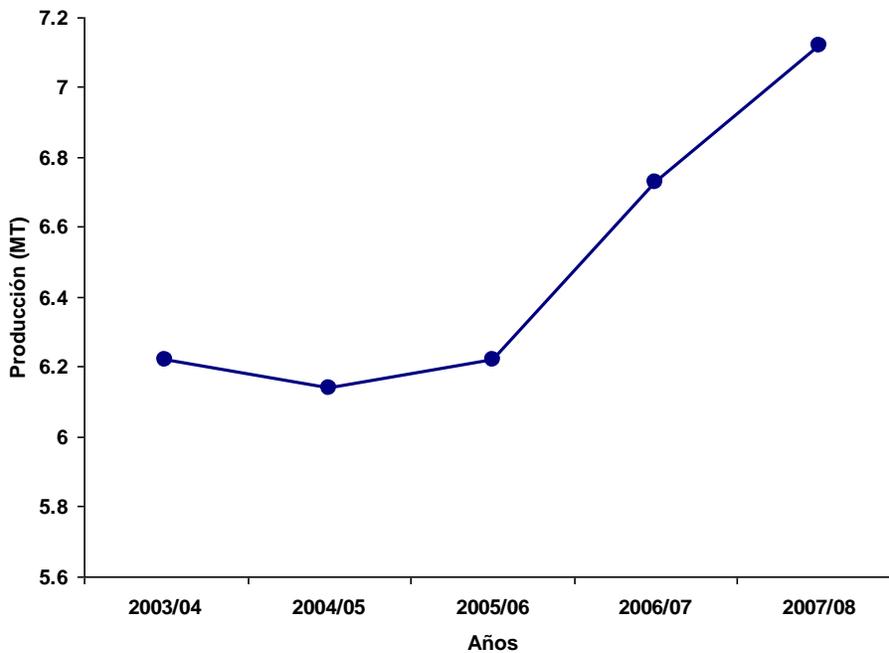
Figura 2.4. Evolución de la producción de aceite vegetal en Brasil, 2003–2008.



Fuente: Datos disponibles en www.fas.usda.gov (consultado 17 jun. 2008).

La evolución de las exportaciones sigue el mismo ritmo de la producción (Figura 2.5). Brasil exporta alrededor del 33% de la producción doméstica.

Figura 2.5. Exportaciones de aceite vegetal en Brasil, 2003-2008.

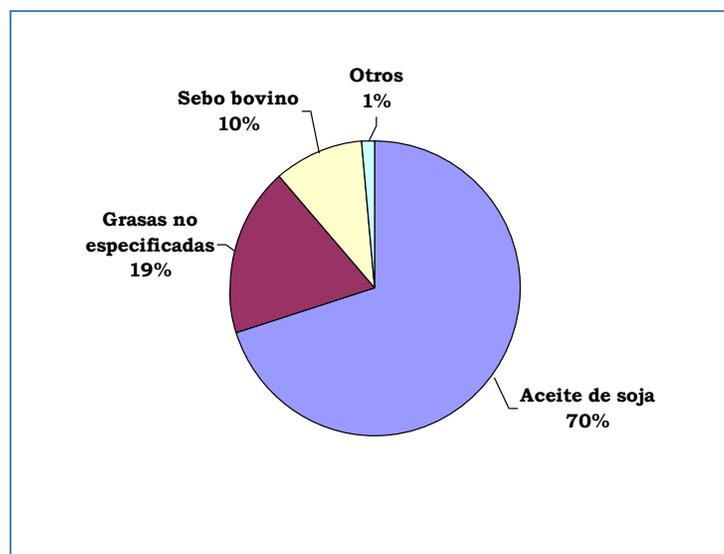


Fuente: Datos disponibles en fas.usda.gov.

2.1. Principales fuentes vegetales de aceite

El biodiésel se produce esencialmente a partir de tres fuentes, la principal es el aceite de soja y le sigue de lejos las grasas de varias fuentes y el sebo bovino. Entre las tres engloban el 99% de la producción del biodiésel (Figura 2.6).

Figura 2.6. Brasil. Principales fuentes de aceite para biodiésel.



Nota. En "otros" se incluyen aceite de palma, aceite de algodón, aceite de mamona (ricino), aceite usado de frituras, aceite de nabo forrajero y aceite de maní (*Orachis hypogaea*).

Fuente: MAPA 2008.

2.1.1. Soja

Con 22,5 millones de hectáreas cultivadas, la soja es la principal fuente de aceite vegetal en Brasil. En el Cuadro 2.7 se presentan algunas de sus características básicas.

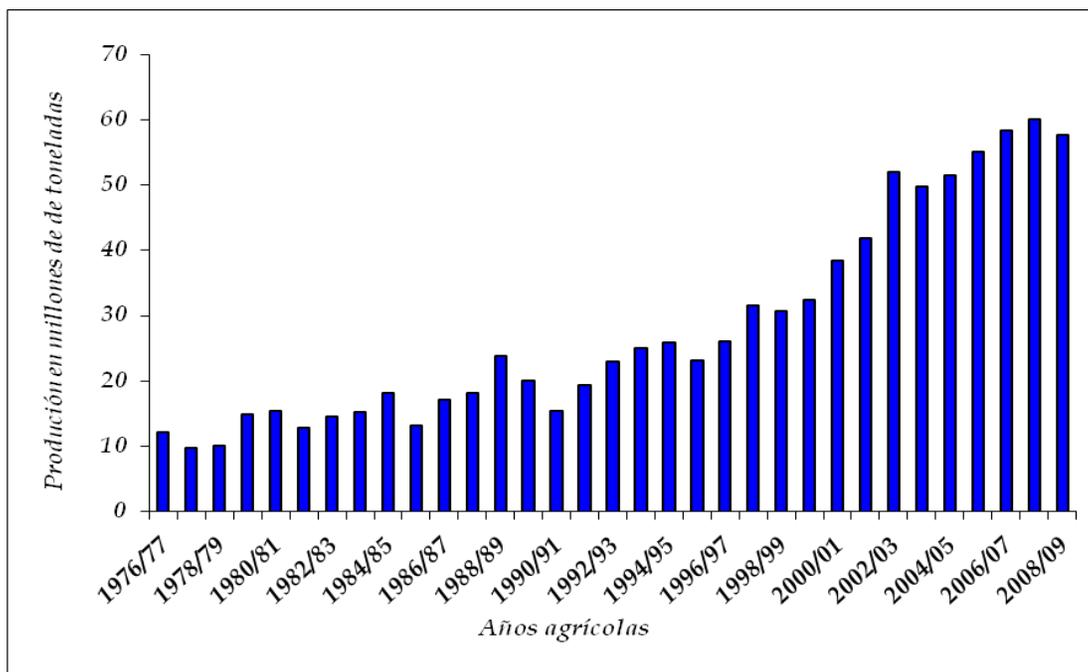
Cuadro 2.7. Brasil. Características básicas de la soja.

Ítem	Unidades	Cantidad
Ciclo	Días	105 a 135
Contenido de aceite en el grano	Porcentaje	20
Contenido de harina	Porcentaje	80
Rendimiento medio en grano	Kg/ha	2 800
Rendimiento medio en aceite	Lt/ha	602

Fuente: MAPA 2008.

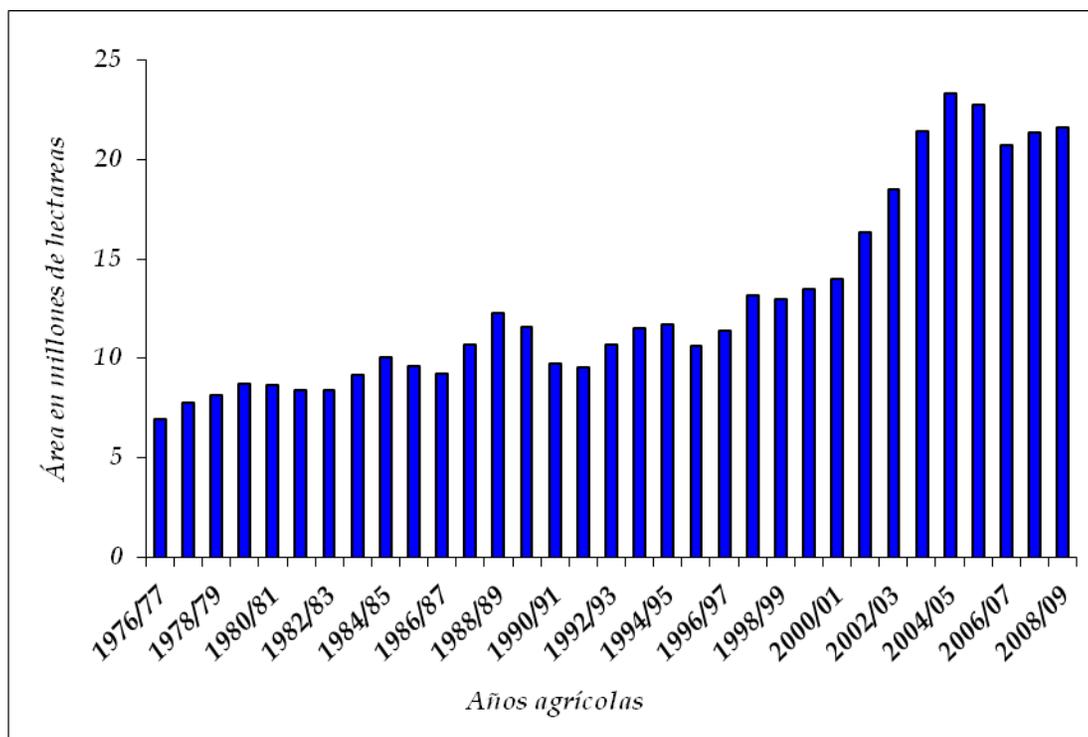
La producción de grano de soja creció durante los últimos 14 años a un ritmo del 8% anual, hasta superar en los últimos cinco años la barrera de los 50 millones de toneladas producidas anualmente (Figura 2.7).

Figura 2.7. Brasil. Producción de la soja en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.8 Brasil. Evolución de la superficie de la soja en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

En el Cuadro 2.8 se presenta el balance del aceite de soja en el país. La producción de aceite creció significativamente durante el período, a un ritmo anual del 5% por año (Figura 2.9).

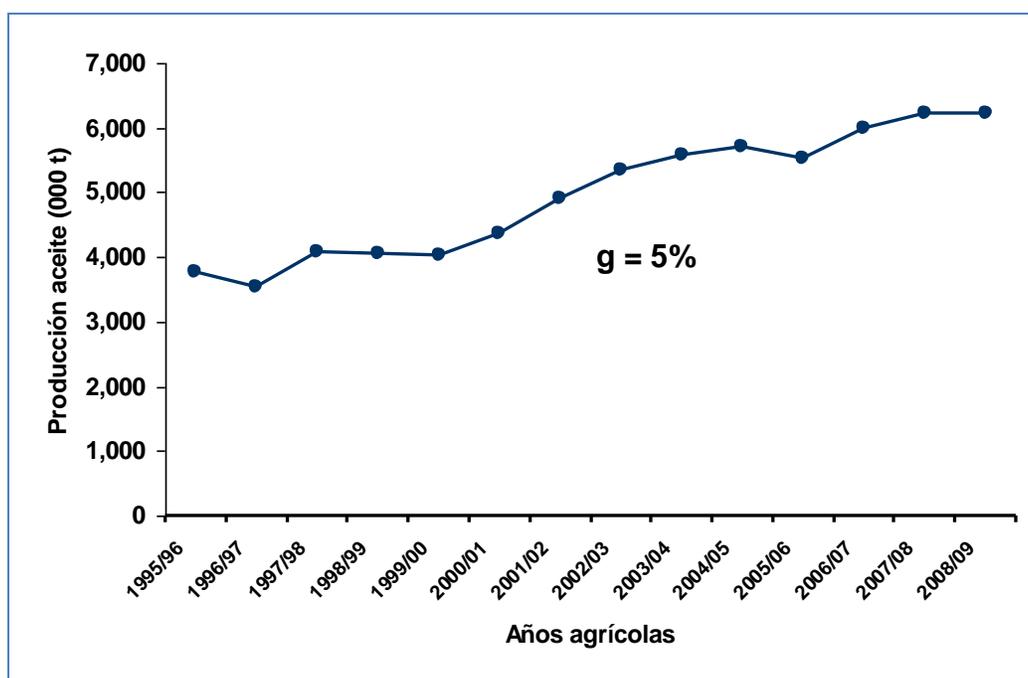
Cuadro 2.8. Balance del aceite de soja en Brasil (en miles de t) 1995-1996 / 2008-2009.

Ciclo agrícola	Producción	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones netas	Consumo doméstico
1995/96	3 776	1 323	175	1 148	2628
1996/97	3 527	1 077	178	899	2628
1997/98	4 083	1 413	197	1 216	2867
1998/99	4 048	1 519	243	1 276	2772
1999/00	4 036	1 134	111	1 023	3013
2000/01	4 370	1 616	87	1 529	2841
2001/02	4 905	2 100	140	1 960	2945
2002/03	5 349	2 405	47	2 358	2991
2003/04	5 579	2 531	14	2 517	3062
2004/05	5 708	2 697	3	2 694	3014
2005/06	5 521	2 315	18	2 297	3224
2006/07	6 000	2 521	62	2 459	3541
2007/08	6 225	2 355	70	2 285	3940
2008/09	6 225	2 250	70	2 180	4045

Nota: Datos basados en el ciclo brasileño de mercadeo febrero-enero, de manera que el ciclo de mercadeo 2005-2006 MY corresponde a febrero 2006 - enero 2007.

Fuente: Datos disponibles en www.fas.usda.gov

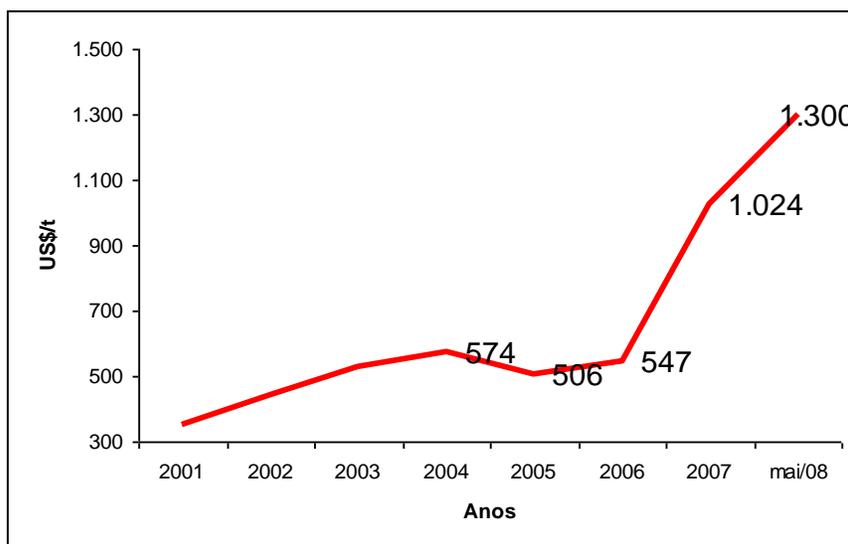
Figura 2.9. Brasil. Evolución de la producción de aceite de soja.



Fuente: Datos disponibles en www.fas.usda.gov

Como consecuencia del aumento de la demanda y de otros factores, el precio de la soja ha experimentado un crecimiento explosivo a partir del 2006, cuando se cotizó a US\$547 por tonelada. Un año y medio más tarde, en mayo del 2008, el precio fue de US\$1300/t, es decir, dio un salto de 138% (Figura 2.10).

Figura 2.10. Brasil. Evolución del precio del aceite de soja en el período 2001-2008.



Fuente: Secex/MDIC 2008, en MAPA 2008.

2.1.2. Girasol

El girasol presenta una buena alternativa en las áreas ocupadas con soja en el centro oeste del país. También puede ser cultivado eficientemente en diversas partes de las regiones norte y nordeste.

Sin embargo, el cultivo presenta algunas desventajas como: a) su baja productividad en producción de aceite (Cuadro 2.9) lo limita para un programa agroenergético; y b) la dificultad para la extracción mecánica, lo que limita su utilización para la elaboración de alimento animal.

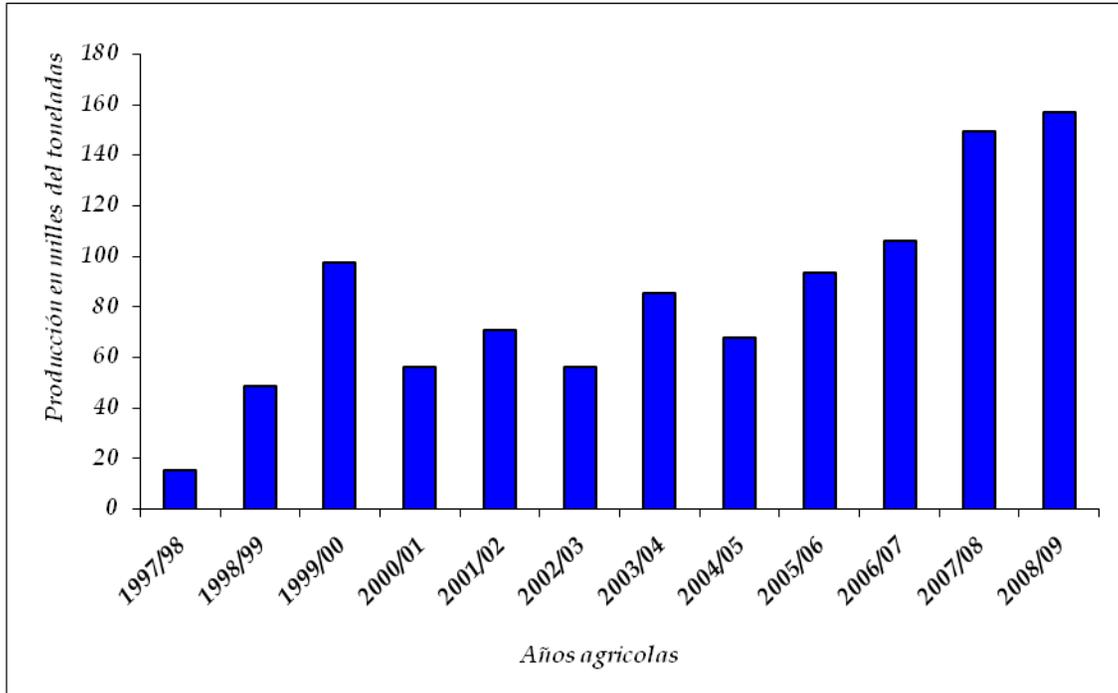
Cuadro 2.9. Brasil. Características básicas del girasol.

Item	Unidades	Cultivado en:	
		Verano	Antes o después de soja
Ciclo	Días	90 a 140	90 a 140
Contenido de aceite en el grano	Porcentaje	45	45
Contenido de harina	Porcentaje	55	55
Rendimiento medio en grano	Kg/ha	1 800	1300
Rendimiento medio en harina	Kg/ha	990	715
Rendimiento medio en aceite	Lt/ha	880	636

Fuente: MAPA 2008.

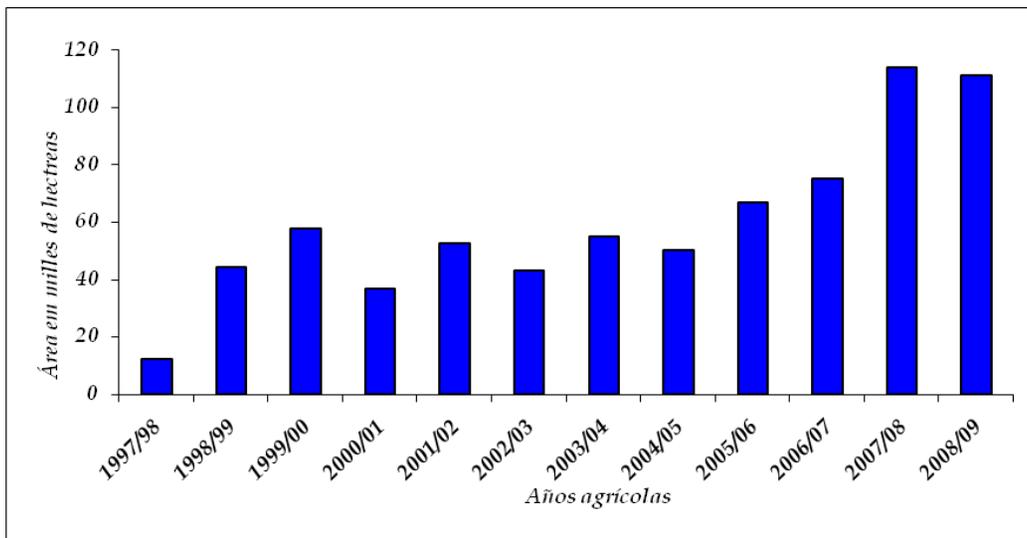
En la Figura 2.11 se muestra el aumento de las tasas de crecimiento de la superficie cultivada y de la producción de girasol a partir de la zafra 2004-2005, como consecuencia del incremento en los precios del cultivo (Figura 2.12).

Figura 2.11. Brasil. Evolución de la producción del girasol. 1997-1998 / 2008-2009.



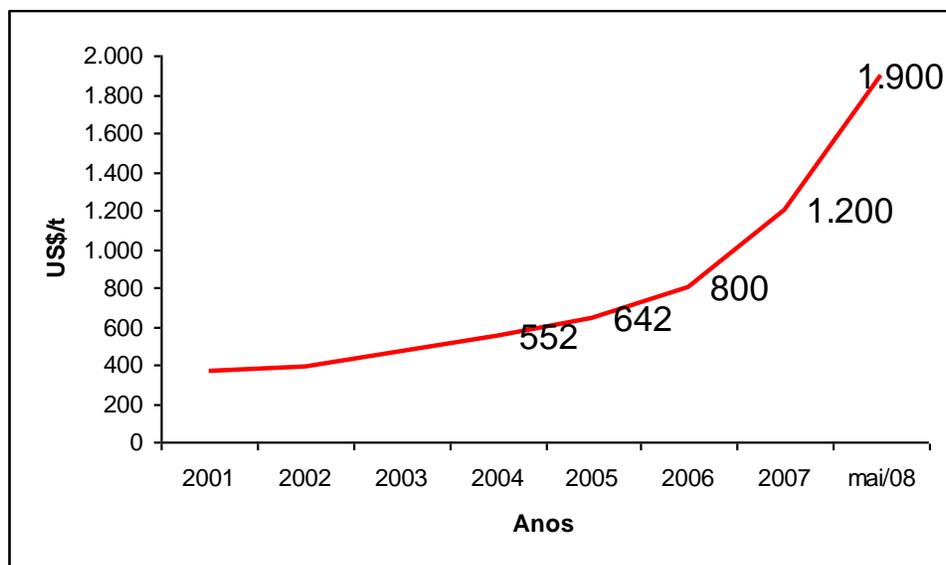
Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.12. Brasil. Evolución de la superficie del girasol 1997-1998 / 2008-2009.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.13. Brasil. Evolución de los precios del girasol en los períodos 2001-2002 / 2007-2008.



Fuente: MAPA 2008.

2.1.3. Algodón

La producción de biodiésel puede ser una alternativa para el aprovechamiento del aceite de la semilla de algodón. Actualmente gran parte de la semilla se utiliza en la alimentación animal sin extraerle el aceite, por lo que se dificulta la formulación de las raciones.

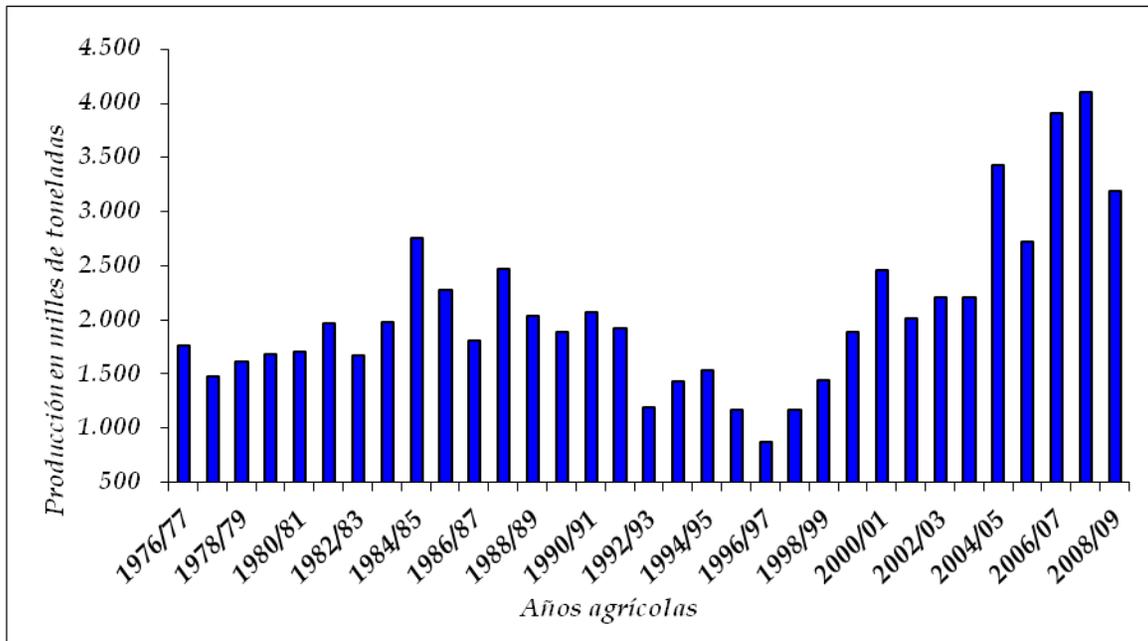
Cuadro 2.10. Brasil. Características básicas del algodón.

Item	Unidades	Cantidad
Ciclo	Días	120 a 180
Contenido de aceite en el carozo	Porcentaje	19
Contenido de harina	Porcentaje	81
Rendimiento medio de algodón en carozo	Kg/ha	3.100
Rendimiento medio de carozo de algodón	Kg/ha	1.900
Rendimiento medio de fibra	Kg/ha	1.200
Rendimiento de fibra	Porcentaje	28 a 42
Rendimiento medio en aceite	Lt/ha	392

Fuente: MAPA 2008.

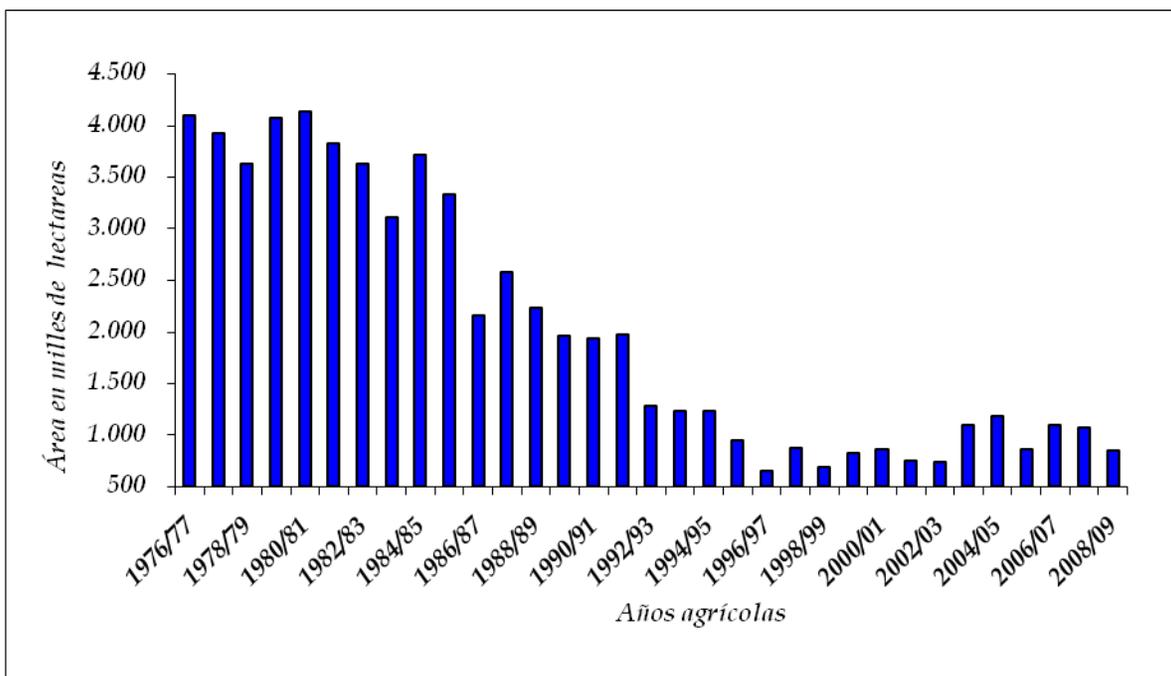
Al igual que en el girasol, la superficie cultivada y producción de algodón han seguido un patrón ascendente, que se incrementa en los últimos dos a tres años (Figura 2.13-2.14), como seguimiento a la escalada en los precios (Figura 2.15).

Figura 2.14. Brasil. Evolución de la producción de algodón en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



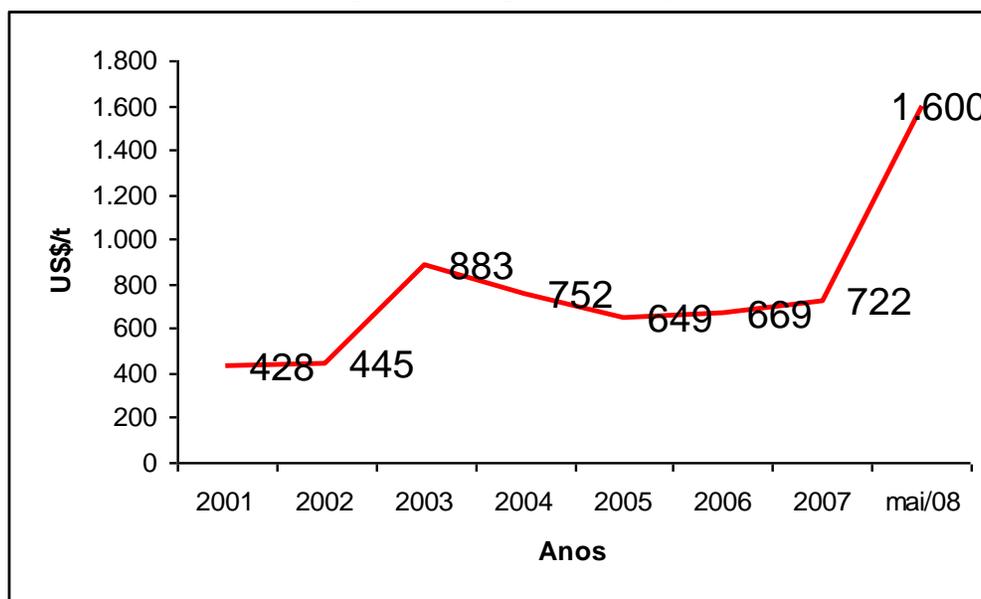
Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.15. Brasil. Evolución de la superficie de algodón en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.16. Brasil. Evolución de los precios de algodón en los periodos 2001-2002 / 2007-2008.



Fuente: MAPA 2008.

2.1.4. Maní

El aceite de maní puede ser una alternativa para la producción de biodiésel. El cultivo posee un ciclo corto y un alto contenido de aceite en el grano. Es usado en rotación con el cultivo de caña en la región sudeste, donde se concentra la mayor producción. Actualmente existen variedades y cultivares adaptadas a la región nordeste. La harina es rica en proteína y puede ser usada en la alimentación humana y animal.

El cultivo presenta algunas desventajas para su utilización en la producción de biodiésel, como el alto precio del aceite en el mercado internacional. Además, el manejo inadecuado de la postcosecha compromete la calidad de la harina (aflatoxinas).

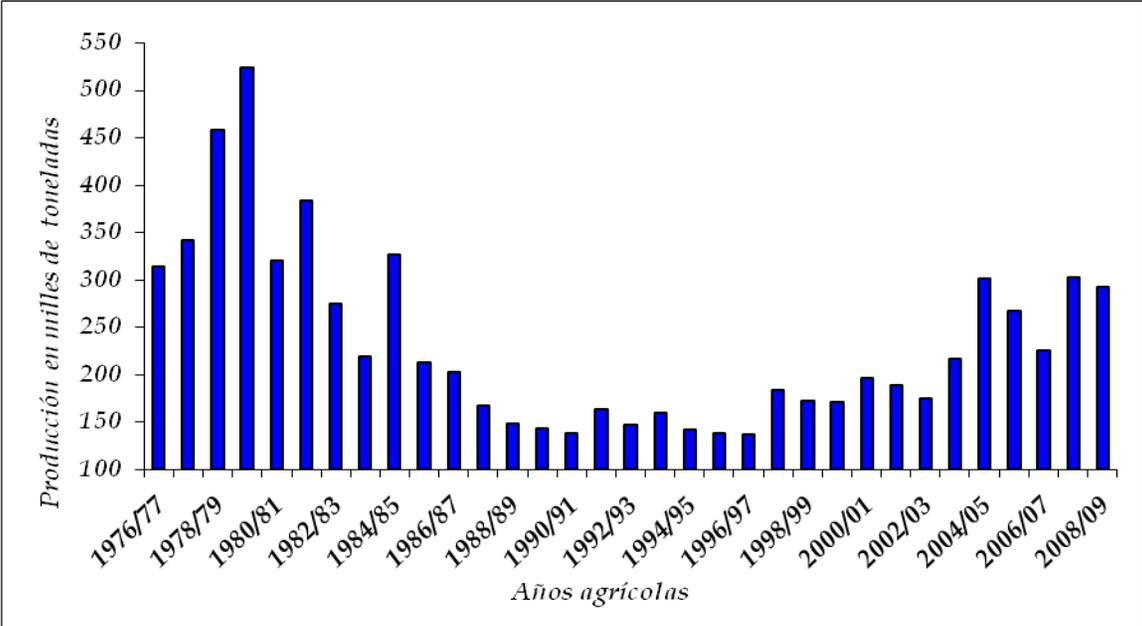
Cuadro 2.11. Brasil. Características básicas del maní.

Ítem	Unidades	Forma de cultivado	
		Riego	Secano
Ciclo	Días	85 a 140	85 a 140
Contenido de aceite en el grano	Porcentaje	45	45
Contenido de harina en el grano	Porcentaje	55	55
Rendimiento medio en cascara	Kg/ha	2 400	1 700
Rendimiento medio grano	Porcentaje	71	71
Rendimiento medio grano	Kg/ha	1 750	1 250

Fuente: MAPA 2008.

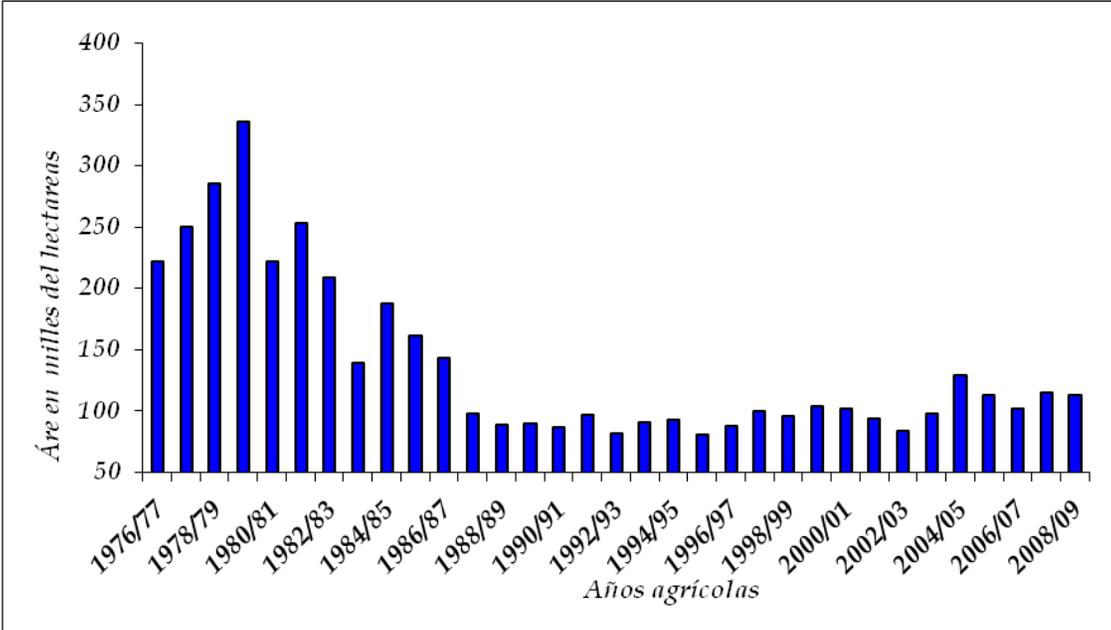
La evolución de la superficie cultivada y de la producción de maní ha seguido una tendencia contraria a las oleaginosas vistas anteriormente. Aunque el precio del grano se ha incrementado en los últimos tres años, tanto la superficie como la producción de maní han declinado (figuras 2.16-2.17 y 2.18).

Figura 2.17. Brasil. Evolución de la producción de maní en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



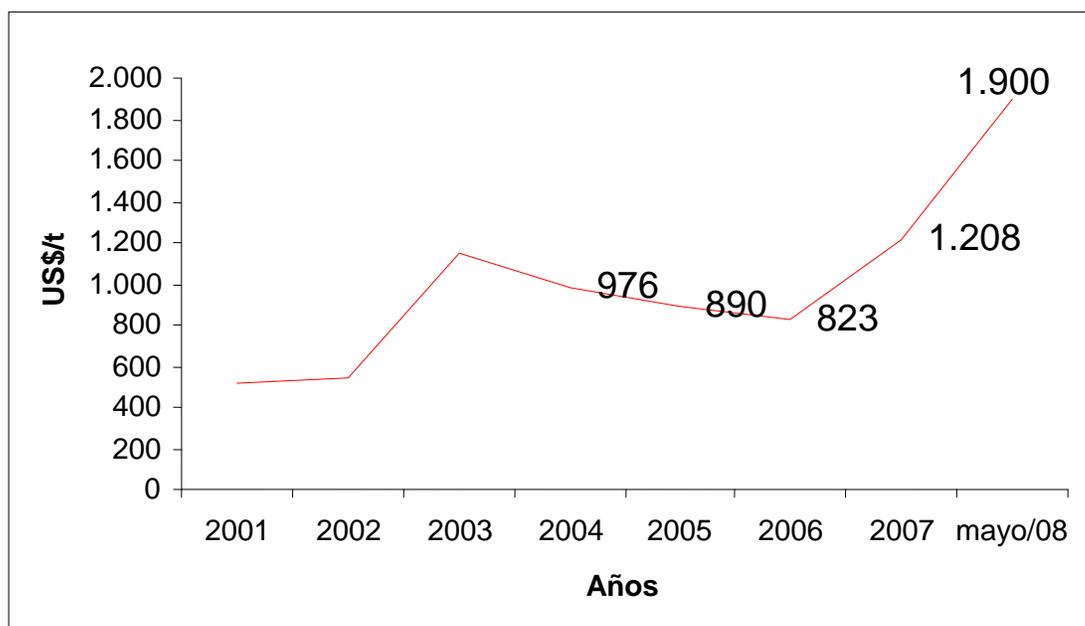
Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.18. Brasil. Evolución de la superficie de maní en los períodos 1976-1977 / 2008-2009.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.19. Brasil. Evolución del precio maní en los periodos 2001-2002 / 2007/2008.



Fuente: MAPA 2008.

2.1.5. Mamona (ricino)

El aceite de mamona fue escogido al principio como primera alternativa por algunas ventajas que ofrecía, como su potencial para ser cultivado en regiones con pocas lluvias (por ejemplo el oeste semiárido). Además, puede ser usado en combinación con otros cultivos dedicados a la alimentación diaria, como el frijol, la yuca y el sorgo.

Sin embargo, con el correr del tiempo se verificó que debido a las características físico químicas inherentes y distintas del aceite de ricino con respecto a los otros aceites vegetales, su proceso de transformación en biodiésel es más difícil y, por lo tanto, más costoso.

Además de la baja productividad, se agrega la necesidad de una destoxificación previa de su torta residual para que pueda ser utilizada como alimentación animal (ración). Todo esto provocó que el uso de mamona como materia prima para biodiésel disminuyera mucho hasta llegar a casi cero a principios del 2008.

Sin embargo, el aceite de ricino es noble y puede ser usado como lubricante en transmisiones de sistemas hidráulicos. Su explotación en gran escala puede compensar su bajo contenido en aceite.

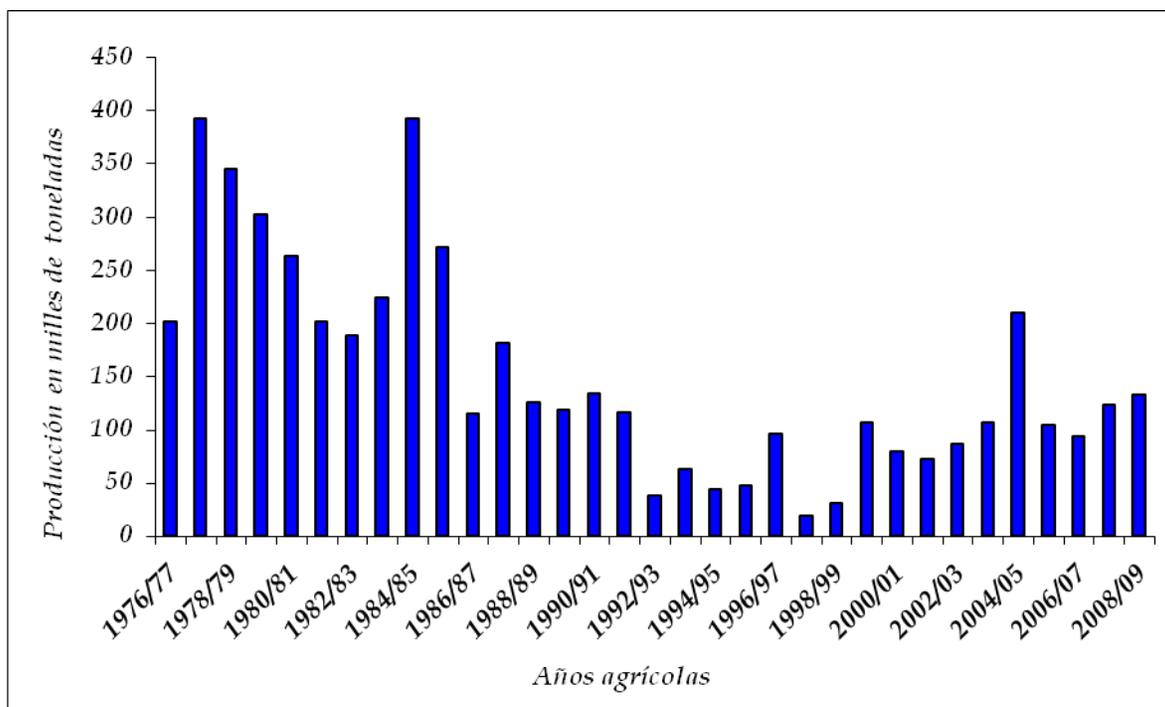
Cuadro 2.12. Brasil. Características básicas de la mamona.

Ítem	Unidades	Cantidad
Ciclo	Días	150 a 250
Contenido de aceite en el grano	Porcentaje	47
Contenido de harina	Porcentaje	53
Rendimiento medio	Kg/ha	1 000
Rendimiento medio en aceite	Lt/ha	495

Fuente: MAPA 2008.

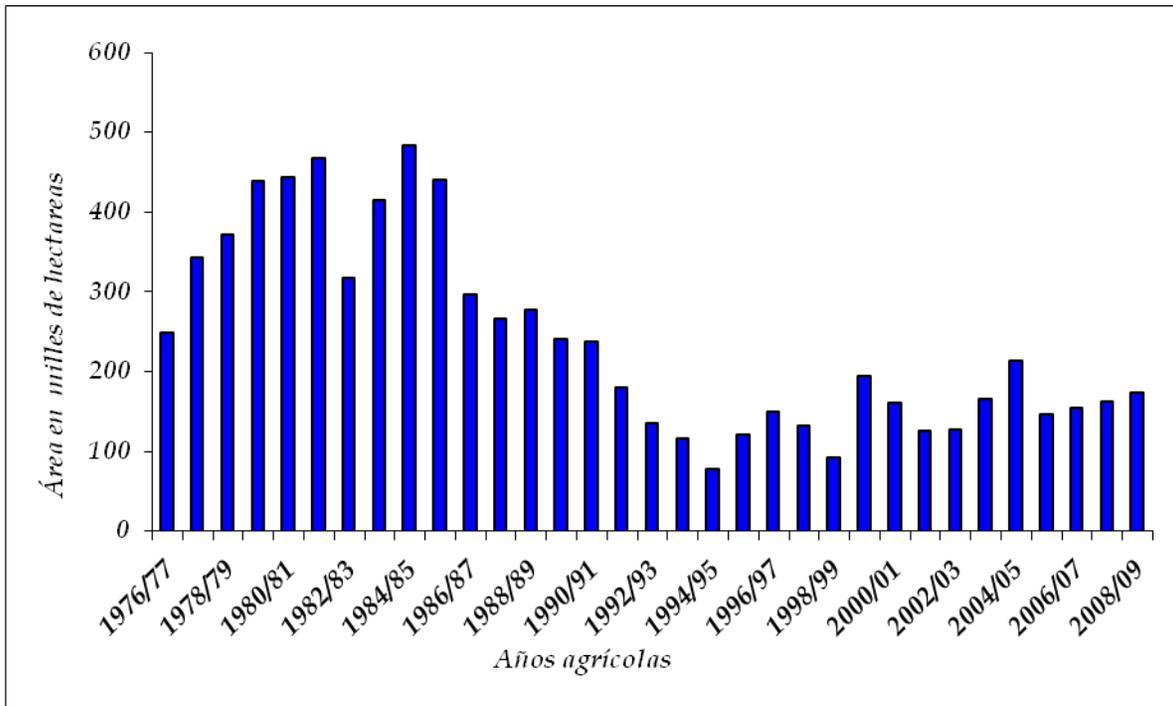
La superficie cultivada y producción de la mamona ha seguido una tendencia declinante hasta inicios de la década del 2000, cuando la tendencia se revierte (Figura 2.19-2.20) como consecuencia de aumento del precio (Figura 2.21).

Figura 2.20. Brasil. Evolución de la producción de mamona.



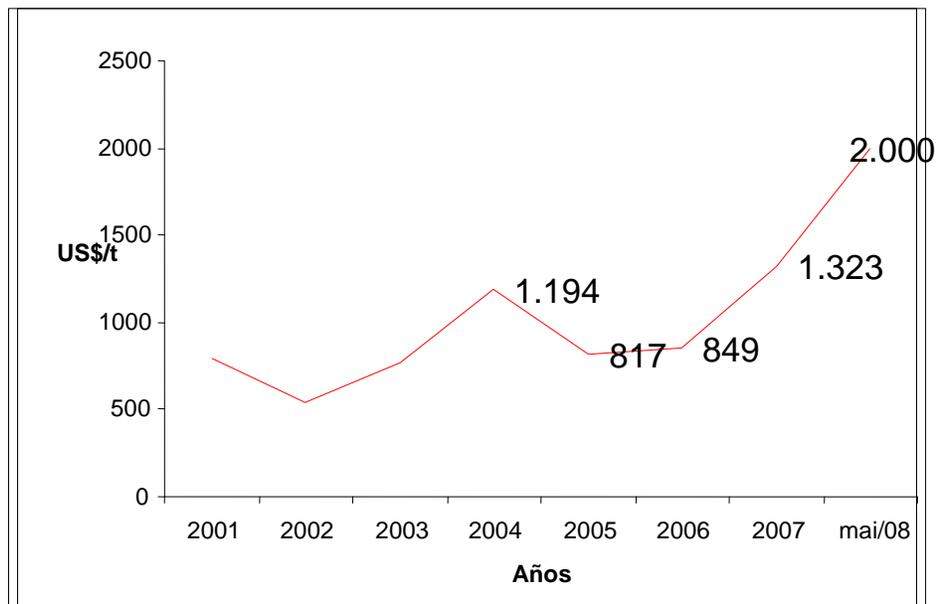
Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.21. Brasil. Evolución de la superficie de mamona.



Fuente: CONAB, en MAPA 2009.

Figura 2.22. Brasil. Evolución del precio de mamona en los períodos 2001-2002 / 2007-2008.



Fuente: MAPA 2008.

2.1.6. *Palma aceitera*

La palma es uno de los cultivos considerados estratégicos en el Plan Nacional de Agroenergía. Posee una alta productividad y un ciclo largo de producción, además de que es intensivo en el uso de mano de obra y su aceite es de alta calidad para la producción de biodiésel.

El aceite de palma es comercializado mundialmente, debido a que sus características organolépticas lo hacen ideal para la industria alimenticia. Actualmente presenta un gran potencial de expansión en Brasil, ya que su producción no logra atender la demanda, por lo que se debe importar. Cabe destacar que las áreas con mayor potencial se encuentran en la región de la Amazonia legal, la cual presenta serias restricciones por ser un cultivo extensivo.

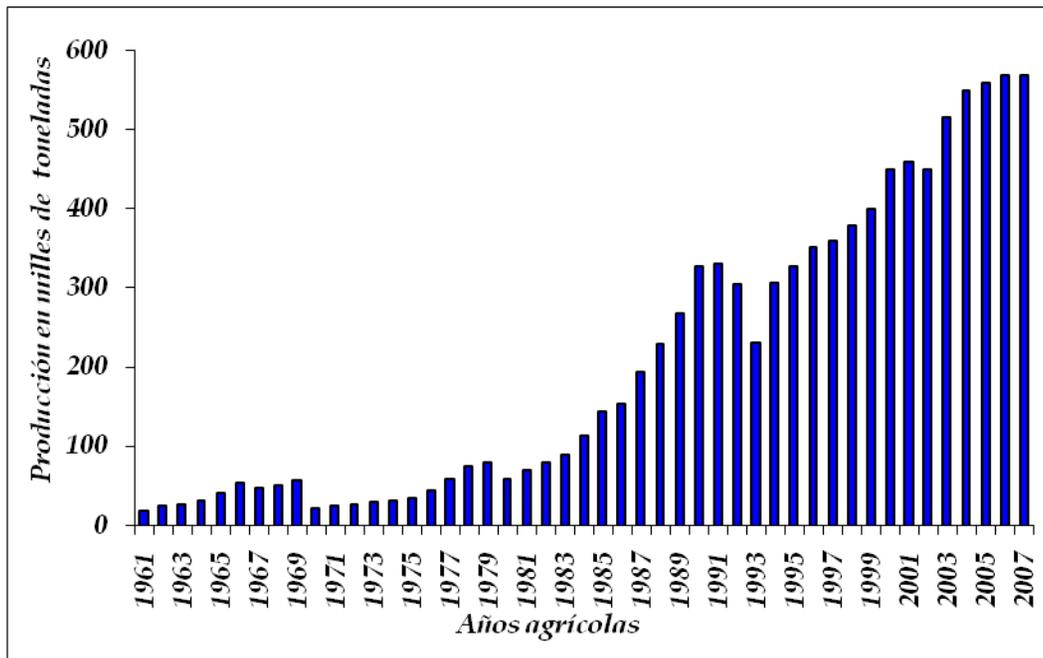
Cuadro 2.13. Brasil. Características básicas de la palma de aceite.

Ítem	Unidades	Cantidad
Ciclo	Años	25
Contenido de aceite en el racimo	Porcentaje	26
Contenido de harina	Porcentaje	22
Rendimiento medio (racimo)	Kg/ha	15 000
Rendimiento medio en aceite	Lt/ha	4 500

Fuente: MAPA 2008.

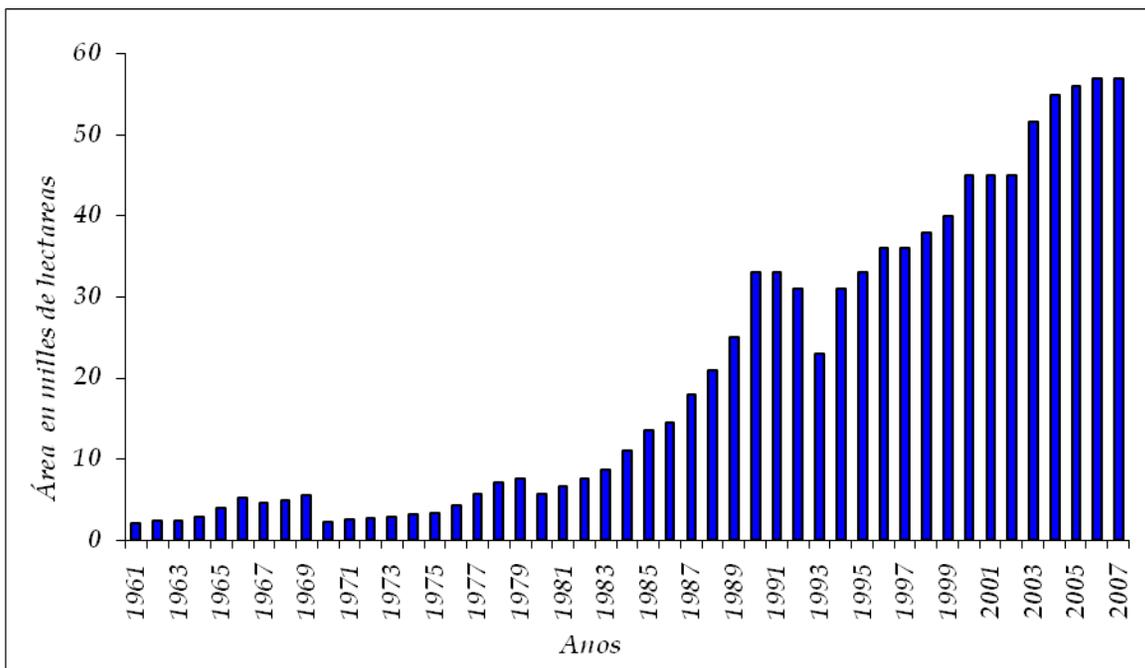
Como los demás cultivos oleaginosos, la tendencia de la superficie cultivada y producción en los últimos años ha sido creciente, particularmente en los últimos tres años, seguida de un impresionante incremento en sus precios a partir del 2006 (figuras 2.22-2.23 y 2.24).

Figura 2.23. Brasil. Evolución de la producción de palma aceitera en el período 1961-2007.



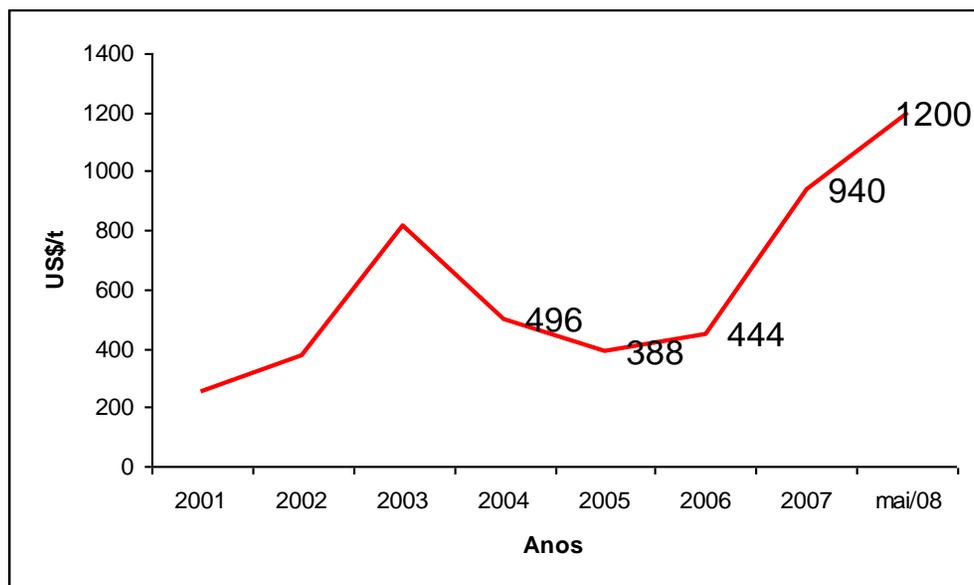
Fuente: MAPA 2008.

Figura 2.24. Brasil. Evolución de la superficie de palma aceitera en el período 1961-2007.



Fuente: MAPA 2008.

Figura 2.25. Brasil. Evolución de los precios de palma aceitera en los períodos 2001-2002 / 2007-2008.



Fuente: Mapa 2008.

2.1.7. *Jatropha* (piñón manso)

La *Jatropha* o piñón manso se considera una alternativa de largo plazo para la producción de biodiésel. A pesar de la euforia de varios inversionistas, han existido algunos problemas con el cultivo, como la falta de uniformidad en el florecimiento y maduración, susceptibilidad a plagas, toxicidad, entre otras limitaciones que necesitan ser corregidas antes de estimular su producción al nivel nacional.

Ante ese escenario, se concluyó que aún no se tiene una tecnología suficientemente validada para poder sembrar el cultivo de forma racional. Por ese motivo, se recomienda a los productores no sembrar grandes áreas, ya que el riesgo de no tener éxito es alto.

Cuadro 2.14. Brasil. Características básicas de la *Jatropha*.

Ítem	Unidades	Cantidad
Ciclo	Años	15
Contenido de aceite	Porcentaje	35 a 38
Contenido de harina	Porcentaje	22
Rendimiento medio agrícola	kg/ha	3000 a 5000
Rendimiento medio en aceite	l/ha	1500

Fuente: MAPA 2008.

3. Políticas públicas y marco regulatorio

3.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

La energía es considerada una especie de combustible indispensable para el desarrollo. En el siglo XVIII, la fuente predominante fue el carbón y en los siglos siguientes, hasta hoy día, predomina el petróleo. Hay gran consenso entre analistas de que el siglo XXI será el de la agro-energía.

Con estas premisas en mente, el 6 de diciembre del 2004, el Gobierno Federal lanzó el PNPB. La estrategia y lógica del PNPB se apoya en la creciente demanda de combustibles de fuentes renovables y en el potencial brasileño para atender gran parte de esas necesidades, crear empleos y generar renta en la agricultura familiar, lo que permitirá reducir las desigualdades regionales, contribuir con la economía de divisas y mejorar las condiciones ambientales (Gobierno de Brasil 2008).¹²

3.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel en el diésel

Las actividades regulatorias hacia el uso del biodiésel comenzaron en el 2004 y es hasta el 2005 cuando se aprueba la Ley 11 097, que obliga a mezclar el 2% de biodiésel con el diésel a partir de enero del 2008. La Ley también establecía que a partir del 2013, este porcentaje debería aumentar al 5%.¹³

Debido a la buena respuesta del sector industrial productivo, resoluciones del Consejo Nacional de Política Energética (CNPE) autorizaron el aumento de la mezcla de 2% a 3% en julio del 2008 y de 3% a 4% en julio del 2009.

Informaciones del Ministerio de Minas y Energía de Brasil confirman un aumento de la mezcla actual de 4% a 5%, a partir del 1° de enero de 2010, lo que generará una demanda aproximada de 2,4 millones de m³ de biodiésel para este año.

A continuación se presenta un cuadro que muestra un mayor detalle del marco normativo brasileño en torno a los biocombustibles.

¹² Gobierno de Brasil. Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiésel. Consultado 12 jul. 2008. Disponible en www.biodiesel.gov.br

¹³ La meta de mezcla del 4% de biodiésel fue alcanzada en julio del 2009.

Cuadro 2.15 Brasil. Principales acciones dirigidas a establecer un marco regulatorio.

Institución o empresa	Descripción	Fecha	Fuente
Gobierno Federal	Lanzamiento del Programa Nacional de Producción. Objetivo: incluir a los agricultores familiares y a los productores de las regiones más pobres del país en la cadena productiva del biodiésel, mediante estímulos tributarios a las empresas que adquieren oleaginosas producidas por esos segmentos. Para introducir esa estrategia en una lógica de mercado, se determinó como obligatoria mediante ley la mezcla del biodiésel al diésel obtenido del petróleo, en proporciones crecientes en los próximos años.	2004	www.biodiesel.gov.br Consultado 8 mar. 2010.
Resolución ANP n.º 42 24/11-2004 rectificada 19/04-2005	Reglamenta las especificaciones de la fabricación y distribución de biodiésel en Brasil y el control que sobre las empresas privadas ejerce la Agencia Nacional de Petróleo (ANP).	2004	www.anp.gov.br Consultado 8 mar. 2010
Ley n.º 11 097	Emite mandatos sobre mezclas de biodiésel.	2005	www.biodiesel.gov.br/ Consultado 8 mar. 2010
Ley n.º 11 097	Por la Ley Federal n.º 11 097-2005, a partir de enero del 2008 será obligatorio, en todo el territorio nacional, la mezcla B2, o sea, el 2% de biodiésel y el 98% de diésel. En enero del 2013, esa obligatoriedad pasará para el 5% (B5). Hay posibilidad también de emplear porcentajes de mezcla más altos e incluso el biodiésel puro (B100) mediante la autorización de la ahora denominada Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP).	2005	www.biodiesel.gov.br Consultado 8 mar. 2010
Gobierno de Brasil	Diez unidades de producción recibieron un "certificado de combustible social" tras haber acordado con los pequeños agricultores la compra de su producción.	2005	www.biodiesel-uruguay.com/ Consultado 8 mar. 2010
Ley n.º 11 727	Exención impositiva para combustibles, incluido biodiésel.	2008	nxt.anp.gov.br Consultado 8 mar. 2010
Resolución n.º 07, del 19 de marzo del 2008	Establece las especificaciones del biodiésel que será comercializado por los diversos agentes económicos autorizados en todo el territorio nacional.	2008	

1. Producción de biodiésel en Chile
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de aceite*
 - 2.1.1. *Colza*
 - 2.1.2. *Girasol*
 - 2.2. *Costos de producción de la materia prima*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Experiencias sobre ensayos o proyectos*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel en el diésel*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Matriz energética*
 - 5.2. *Consumo de diésel*
 - 5.3. *Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel*
 - 5.4. *Costos de producción de biodiésel*

1. Producción de biodiésel en Chile

Hasta el momento no se conocen cifras significativas de producción de biodiésel en Chile.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes de aceite

La producción de aceite del país se basa principalmente en dos cultivos: la colza y el girasol, también denominado en este país como maravilla.

Cuadro 3.1 Chile. Principales cultivos oleaginosos en el país. 2008-2009 (en hectáreas).

Cultivo	Superficie
Colza	25 360
Girasol (maravilla)	3 780

Fuente: Ministerio de Agricultura 2009.

2.1.1. Colza

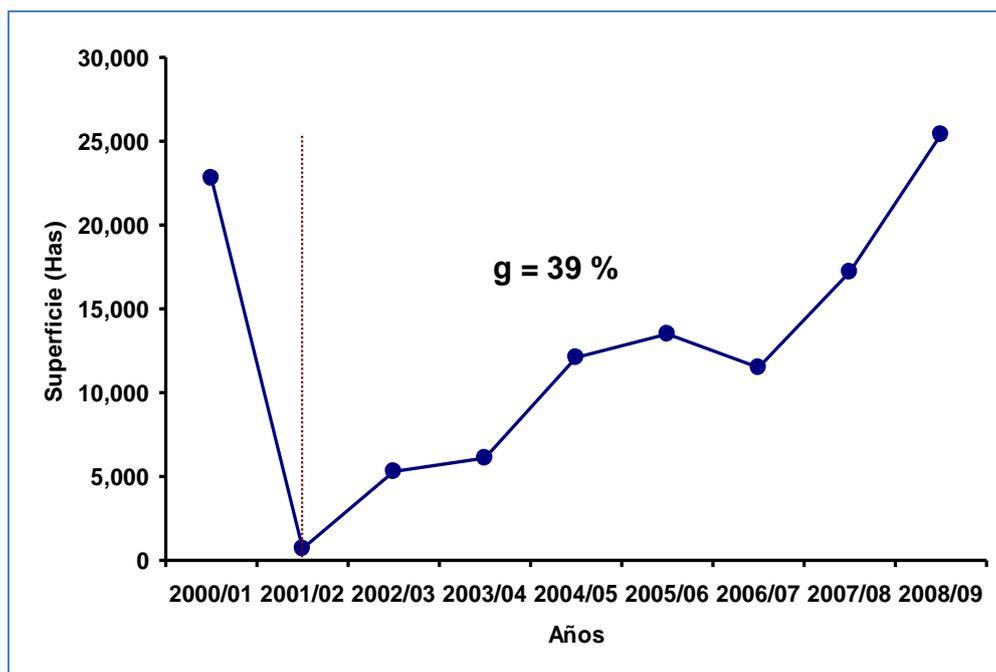
La superficie sembrada con colza ha tenido una extraordinaria recuperación después del ciclo 2001-2002 creció a un ritmo del 39% por año, hasta alcanzar y sobrepasar los niveles de superficie de comienzos de la década (Cuadro 3.2, Figura 3.1).

Cuadro 3.2. Chile. Evolución de la producción de colza.

Años	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)
2000-2001	22 800	2,95	67 371
2001-2002	750	2,69	2 016
2002-2003	5 350	3,63	19 421
2003-2004	6 060	3,65	22 111
2004-2005	12 130	3,40	41 225
2005-2006	13 520	3,49	47 151
2006-2007	11 490	3,78	43 399
2007-2008	17 250	3,86	66 590
2008-2009	25 360	n. d.	n. d.

Fuente: Ministerio de Agricultura 2009.

Figura 3.1. Chile. Evolución de la superficie sembrada de colza.



Fuente: Ministerio de Agricultura 2009.

1.1.1. Girasol

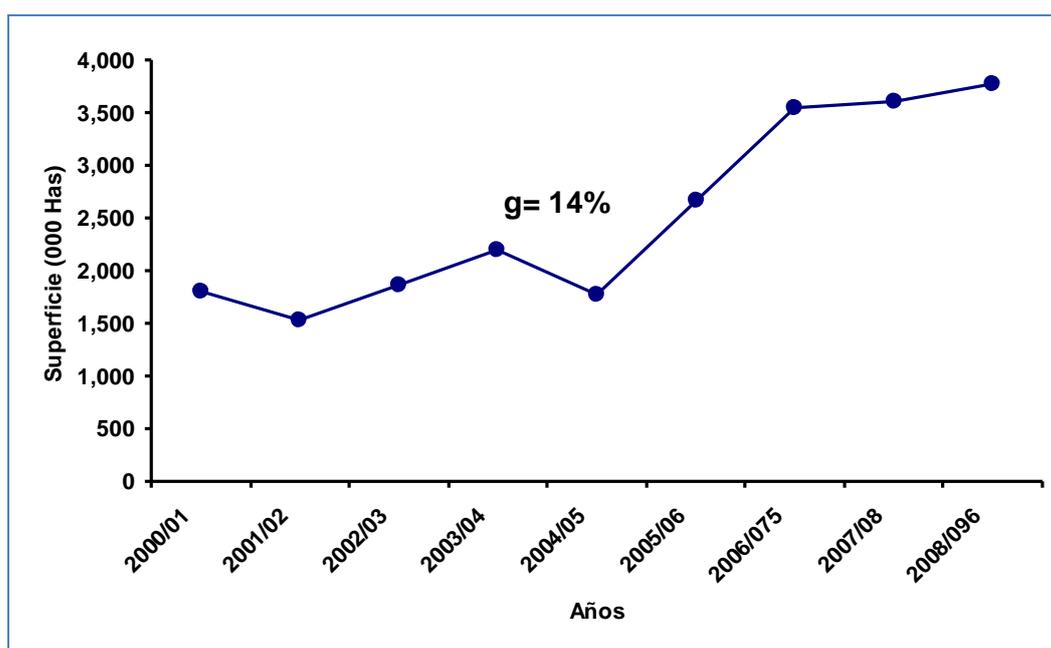
La superficie sembrada con girasol se expandió durante el período 2000-2001 al 2008-2009 a una tasa anual del 14%, aunque se observa que a partir del ciclo 2004-2005 la tasa de crecimiento fue aun superior (Cuadro 3.3, Figura 3.2).

Cuadro 3.3. Chile. Evolución de la producción de girasol.

Años	Superficie (ha)	Rendimiento (t/Ha)	Producción (t)
2000-2001	1 800	1,74	3 131
2001-2002	1 530	1,76	2 690
2002-2003	1 860	1,40	2 613
2003-2004	2 200	1,46	3 218
2004-2005	1 780	1,57	2 793
2005-2006	2 660	1,99	5 284
2006-2007 ⁵	3 548	2,10	7 451
2007-2008	3 610	2,11	7 607
2008-2009 ⁶	3 780	n. d.	n. d.

Fuente: Ministerio de Agricultura 2009.

Figura 3.2. Chile. Evolución de la superficie sembrada con girasol.



Fuente: Ministerio de Agricultura 2009.

1.2. Costos de producción de la materia prima

Cuadro 3.4. Chile. Costos promedio de producción de la materia prima.

Concepto	Unidades	Colza		Girasol
		Tradicional	Resistente	
Parámetros de desempeño agrícola e industrial				
Costo / hectárea	(CH\$/ha)	489 614	293 991	361 174
Rendimiento agrícola (2007-2008)	(t/ha)	3,860	2,950	2,110
Rendimiento industrial	(m ³ /t)	0,420	0,420	0,440
Rendimiento de biodiésel	(m ³ /ha)	1,621	1,239	0,928
Parámetros de costos de producción				
Costo anual (a)	(CH\$/m ³)	394 850	363 450	479 350
Capital (b)	(CH\$/m ³)	17 500	12 450	15 300
Transporte (c)	(CH\$/m ³)	1 500	1 500	1 500
Almacenaje (d)	(CH\$/m ³)	2 000	2 000	2 000
Administración (e)	(CH\$/m ³)	3 100	4 160	4 160
Costo de aceite (a) + (b) + (c) + (d) + (e)	(CH\$/m ³)	418 950	383 560	502 310

Fuente: Ministerio de Agricultura (2009) y ODEPA (2007).

Nota: Tipo de cambio: US\$1 = Ch\$500

2. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

2.1. Experiencias sobre ensayos o proyectos

Actualmente solo existen iniciativas públicas o privadas que producen biodiésel a nivel experimental y de pequeña escala. Sin embargo, existen varias instituciones que realizan tareas de investigación sobre cómo mejorar la producción de la materia prima y las posibilidades reales de producción de biodiésel. Entre ellas se encuentran las siguientes:

1. Fundación para la Innovación Agraria (FIA).
2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
3. Instituto de Agroindustria, Universidad de la Frontera, Temuco.
4. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de la Frontera, Temuco.
5. Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca.
6. Centro de Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura (CATA), Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María.
7. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile.

Cuadro 3.5. Chile. Algunas instituciones y proyectos de investigación.

Instituciones	Proyecto
Instituto de Agroindustria, Universidad de la Frontera, Temuco.	Producción de biodiésel a partir de aceite de colza.
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de la frontera, Temuco.	Potencialidades agronómicas del Raps para la producción de biodiésel.
CRI Reyentué, INIA.	Posibilidades de agrodiésel en la región del Maule.
Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca.	Producción de biodiésel a pequeña escala, optimización del combustible.
CATA, Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María.	Evaluación socioeconómica y balance energético de la cadena productiva, desde la producción de materia prima hasta la elaboración de biodiésel y etanol en Chile, a partir de cultivos agrícolas tradicionales.
Universidad de Antofagasta. Investigación que será desarrollada.	Optimización y mejoramiento biotecnológico de las condiciones de cultivo de la microalga verde <i>Botry Oococcus Braunii</i> para la obtención de Bio-Hidrocarburos".

Fuente: Iglesias 2008a.

Cuadro 3.6. Chile. Algunas instituciones y proyectos de investigación, por zona y por provincia.

Zona	Provincia	Iniciativa	Gestores
Árida y semiárida paralelos 18° al 32°	Arica	Estudio: cultivar 1 500 ha de <i>jatropha</i>	Universidad de Tarapacá
	Iquique	Proyecto producción de biodiésel de microalgas	Universidad Arturo Prat- Innova-CORFO
	Elqui - Limarí - Choapa	Estudio introducción de la <i>jatropha</i>	INIA - Innova CORFO. Fase de evaluación
Centro paralelos 32° al 36°	Chacabuco	Planta de biogás a partir de paletas de tunas	Fund. Chile - Escuela Municipal de Til-Til
	Santiago	Elaboración de <i>pellets</i> de aserrín	EcoPellets S.A. - Fund.Chile -Empresarios privados
	Curicó	Biogás de los residuos de viñas	Vinicas
	Cachapoal	Etanol de maíz	Etanol del Pacífico S.A. Fase de ideas
	Cachapoal	Biodigestores para los purines	Agrosuper
Sur y extremo sur paralelos 36° al 55°	Ñuble	Estudio para la elaboración de etanol	Orafti Chile S.A. Fase de ideas
	Bio-Bio	Biogás de purines de sala de ordeña	Liceo Agrícola de Negrete, ONG SEPADE, UTEH
	Bio-Bio	Etanol de topinambur	Bioeigerber - Universidad de Concepción - INIA Quilamapu. Fase de ideas
	Cautín	Producción de biodiésel de raps	Universidad de La Frontera - Molino Gorbea - FONDEF - CORFO. Fase de ideas
	Cautín	Producción de biodiésel de raps	Oleotop. Fase de ideas
	Aysén	Estudio para elaborar etanol a partir de nabo forrajero	INIA Tamel Aike. Fase de ideas
	Magallanes	Estudio para elaborar biodiésel a partir de grasa animal	Empresa frigorífica. Fase de ideas
país	Todas forestales	Elaboración vapor, electricidad	Empresas forestales

Fuente: Iglesias Casanueva, R. 2008a.

3. Políticas públicas y marco regulatorio ^{14 y 15}

3.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El gobierno tiene la voluntad de incluir el tema de los combustibles en la agenda de desarrollo del país, respetando tres premisas: seguridad energética, sustentabilidad productiva y ambiental del abastecimiento energético, y el costo de producción de la energía.

En los inicios de su mandato (marzo de 2006), el Ministerio de Agricultura de Chile incluyó como su cuarto eje estratégico el “contribuir a ampliar y diversificar la matriz energética del país, promoviendo la generación de energía a partir de fuentes renovables no convencionales”.

Posteriormente, se creó en la ODEPA una unidad de biocombustibles orientada a elaborar una política nacional de biocombustibles. Por último, en octubre del 2006, se constituyó el comité público- privado de bioenergía que emitió un informe final de sus conclusiones en enero del 2007. Desde entonces, ha desarrollado un conjunto de acciones tendientes a difundir la temática a nivel nacional, recoger experiencias internacionales y fomentar los estudios y las alianzas estratégicas público-privadas.

Sobre la base de los aportes recopilados por los tres comités: el público-privado, el intraministerial (coordinados por la unidad de bioenergía) y el interministerial, y con los antecedentes obtenidos directamente, ODEPA elaboró una propuesta de política agraria para el desarrollo de los biocombustibles en Chile. Se realizó en conjunto con el gabinete ministerial, lo cual permitiría avanzar en la producción de biocombustibles.

Esta propuesta, dada a conocer en noviembre del 2007, está basada en cuatro principios básicos aplicables desde la etapa de producción agrícola (a partir de la semilla o fuente de materia prima) hasta la producción de biocombustibles en plantas agroindustriales:

- ✓ Seguridad e independencia energética.
- ✓ Diversificación de la matriz energética.
- ✓ Sustentabilidad ambiental.
- ✓ Desarrollo inclusivo y territorial.

A continuación se citan algunos de los objetivos de política de biocombustibles:

- a) Ampliar y diversificar la matriz energética, a través de la incorporación en el balance energético nacional de las ERNC.

¹⁴ Gabinete Ministerial y Unidad de Bioenergía de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias 2007.

¹⁵ Iglesias 2008b.

- b) Incentivar un programa de investigación, desarrollo e innovación en materia de ERNC, con especial atención en bioenergía, a partir de biomasa proveniente de cultivos y plantaciones anuales y perennes, aceites vegetales de primer uso y reciclados, y riles y subproductos del sector pecuario.
- c) Constituir al sector silvoagropecuario en un referente válido a largo plazo como proveedor confiable de materias primas variadas, mediante prácticas de manejo ambientalmente sustentables, social y territorialmente inclusivas, para la elaboración de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos.
- d) Garantizar el desarrollo de las regiones, de acuerdo con sus vocaciones productivas, a través de la expansión de la agroenergía y de la agregación de valor en las cadenas productivas ligadas a ellas.
- e) Crear oportunidades de crecimiento de empleo y de generación de renta en el ámbito del negocio agrícola, incentivando la participación de los pequeños y medianos productores.

3.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel en el diésel

Las definiciones básicas de un marco regulatorio han surgido del trabajo a nivel público, privado e intersectorial, y han dado como resultado un consenso en los siguientes aspectos:

- ✓ **Normativa:** Debe existir un marco regulatorio y normas técnicas que permitan desarrollar la actividad en el largo plazo. El Estado debería ser neutral con respecto a las diferentes alternativas técnicas disponibles en la actualidad, de manera que permita incorporar los sucesivos avances tecnológicos a nivel mundial. No obstante, se plantea la conveniencia de diseñar una norma de calidad para el biodiésel puro similar a la de Alemania, cuyo parámetro “índice de yodo” privilegia una composición determinada de aceite de raps en mezcla con otros aceites. Esta es una condición necesaria para que se utilicen materias primas nacionales.

El Ministerio de Salud debería reforzar las normas para exigir permisos y certificaciones para la disposición de los aceites usados y aplicar sanciones a la reutilización para consumo humano.

- ✓ **Obligatoriedad del consumo:** Permite asegurar un piso de demanda independiente de las fluctuaciones del precio internacional del petróleo. Se sugiere una mezcla inicial de biodiésel del 2% que se podría ir incrementando en tramos del 1,5% en la medida de que sea viable instalar nuevas plantas industriales.

- ✓ **Tributación:** Es conveniente contar con una resolución del Servicio de Impuestos Internos (SII) que exima de impuestos específicos a los biocombustibles, ya sea de forma pura o mezclas en el porcentaje correspondiente.

La institucionalidad pública y las instancias de coordinación propuesta deben operar sobre la base de un "régimen de promoción para la producción, comercialización y uso sustentables de biocombustibles en el territorio nacional".

Para ello es indispensable contar con los aspectos normativos que regulen esta nueva industria emergente, en los ámbitos del incentivo a la inversión, el fomento productivo y territorial, el apoyo a los agricultores e industriales y el fomento de la investigación, desarrollo e innovación.

En este sentido, se han realizado las siguientes acciones recientes:

- ✓ Trámite en la Contraloría General de la República del Decreto de especificaciones de biocombustibles, autorización de mezclas y registro en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).
- ✓ Análisis de las modificaciones legales necesarias para complementar el marco normativo vigente, una vez que se inicie el uso de biocombustibles (certezas a los inversionistas y facultades a los fiscalizadores).¹⁶

Como resultado, en conjunto con la institucionalidad, se han elaborado normativas que permiten dar algunas señales claras al sector privado interesado en la producción de biocombustibles en el país, como a continuación se reseñan: ¹⁷

- El Decreto n.º 1442 del Ministerio de Hacienda: "Modifica arancel aduanero nacional" (D.O. 05.04.2008) del Servicio Nacional de Aduanas, introduce nueve nuevos códigos arancelarios para biodiésel proveniente de especies oleaginosas como colza, soya, girasol, ricino, palma; de grasas y aceites animales; de mezclas de aceites vegetales y animales, y sintéticos de biomasa, en la partida 38.24.
- La circular n.º 30 del SII, del 16 de mayo del 2007: "Instruye sobre tratamiento tributario de los biocombustibles denominados biodiésel y bioetanol", considera que los biocombustibles tendrán tratamiento tributario diferenciado.

¹⁶ Para mayor detalle, se puede consultar Comisión Nacional de Energía 2008a.

¹⁷Iglesias 2008b.

- La Ley n° 20 257 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: “Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales» (D.O. 01.04.2008), establece que, a partir del 2010, los nuevos contratos de suministro deben asegurar un 5% proveniente de ERNC. Este porcentaje deberá aumentar en un 0,5% anual a partir del 2015, para llegar a un 10% en el 2024. Se estima que esta disposición significará la incorporación de unos 1600 MW de potencia adicional con ERNC en los próximos 16 años.
- El Decreto n.° 11 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: “Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y biodiésel” (D.O. 09.05.2008), regula el marco aplicable a los nuevos combustibles líquidos de origen biológico para permitir la producción y comercialización de biocombustibles en el país.
- La Ley n.° 20 283, de recuperación del bosque nativo y fomento forestal (30.07.2008), tiene como objetivo proteger los recursos forestales originarios del país y promover el desarrollo social y económico de las comunidades rurales. En este sentido, se relaciona muy estrechamente con la utilización de biomasa forestal para la generación de biocombustibles de primera y de segunda generación.

4. Aspectos potenciales ¹⁸

Las alternativas de suplir la demanda de energía de Chile estarían dadas por la posibilidad de importarla en su totalidad; importar una fracción y producir el resto en el país, o producir toda la energía con fuentes o materias primas nacionales.

Chile tiene una alta dependencia de fuentes de energía no renovables: el 72% de la energía que el país consume se importa, el 98% del petróleo utilizado es importado y no existe certeza del comportamiento futuro de algunas fuentes de suministro energético (recientemente se informó el alza de los impuestos a las exportaciones de gas natural argentino a Chile, retroactivo desde la segunda quincena de junio del 2008).

En el mercado internacional, se ha puesto énfasis en la menor o mayor disponibilidad del petróleo en el largo plazo y en la disyuntiva entre esta disponibilidad y la producción de biocombustibles líquidos, bioetanol y biodiésel, para reemplazarlo a partir de cultivos que pueden ser destinados a la alimentación humana y animal.

¹⁸ Iglesias 2008b.

En Chile, la situación ha sido un tanto diferente. Se ha evolucionado desde una percepción de posibilidades limitadas en torno a la utilización de la biomasa para producir energía, a un creciente interés en evaluar las alternativas regionales y particulares para producirla. Esto constituye una oportunidad para el sector agrícola: convertirse en proveedor eficiente de diversas materias primas o biomasa, fuente de bioenergía.

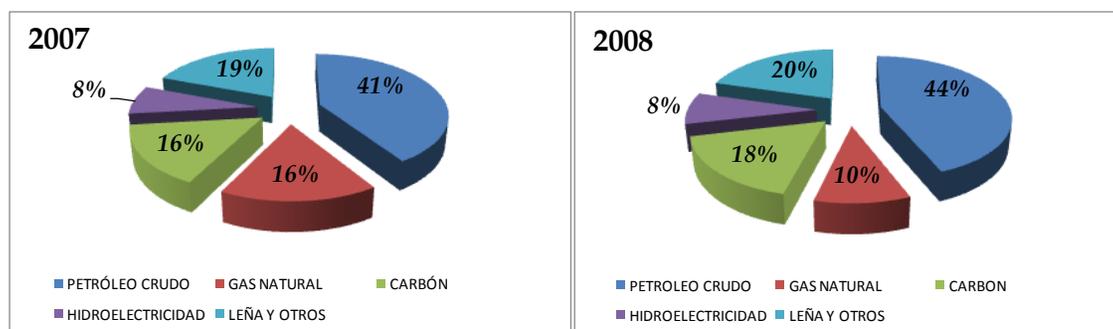
A pesar de que numerosas empresas del sector forestal ya estaban produciendo vapor, gas o electricidad con los desechos forestales de sus explotaciones, y la investigación en biocombustibles líquidos se desarrollaba en numerosas universidades del país, el tema de la bioenergía y los biocombustibles en el país solo fue realmente relevado a mediados del 2006. Un hito importante para ello fue el Seminario Internacional de Agroenergía y Biocombustibles efectuado en la Sede Regional de la FAO en Santiago, en julio del 2006.

4.1. Matriz energética

La matriz energética de Chile fue abastecida entre un 19% y un 20% en el 2007 y el 2008, respectivamente, con energía producida por la biomasa disponible en el país (leña, biogás y energía eólica entre otras fuentes), según cifras entregadas por la Comisión Nacional de Energía.

La participación de la leña y otras fuentes de energías renovables no convencionales se muestra en la matriz energética provista para los años 2007 y 2008 (Figura 3.3).

Figura 3.3. Chile. Matriz energética primaria en el 2007 y el 2008. ^{1/}



Fuente: CNE 2008b.

Nota: ^{1/} (Consumo total de 2007 = 259.152 teracalorías; 2008 = 250.977 teracalorías)

Es evidente que el alza de los impuestos a las exportaciones de gas natural argentino a Chile (retroactivo desde la segunda quincena de junio del 2008) ha generado como consecuencia una mayor participación de la energía convencional en la matriz energética primaria, pues entre el 2007 y el 2008, el petróleo crudo registró un incremento del 41% al 44% del consumo total de energía, respectivamente.

4.2. Consumo de diésel

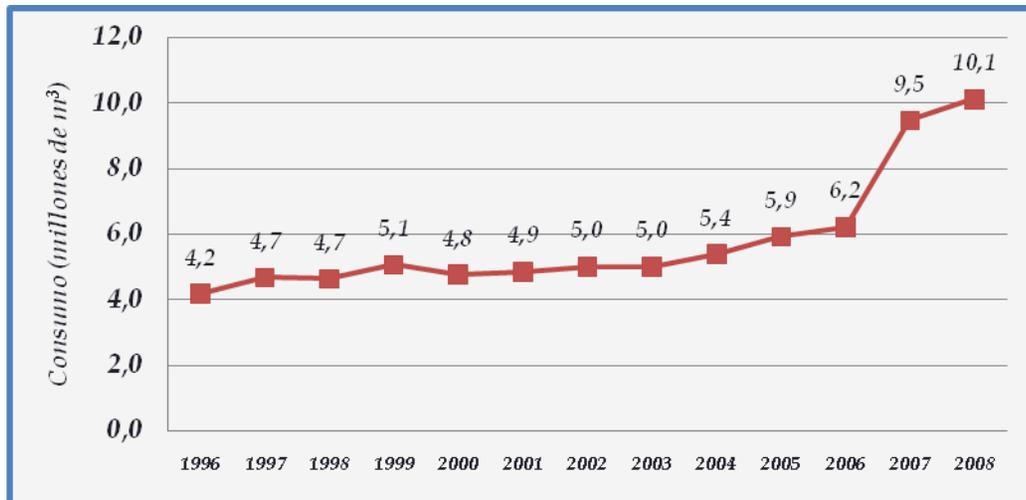
El consumo energético de Chile está determinado por el consumo final de tres grandes sectores consumidores: a) transporte; b) industrial y minero; y c) residencial, público y comercial (CPR).

El transporte es el mayor demandante de energía, con un 37% del consumo final de esta. En este caso se recurre básicamente al petróleo diésel y gasolinas para satisfacer las necesidades.¹⁹

El diésel ha registrado históricamente una tendencia creciente con una magnitud del 4,2% en la tasa media anual de cambio, durante el período comprendido entre 1996 y el 2006.

Sin embargo, para el 2007 se incrementó el consumo de diésel en una proporción de 1,5 con respecto al año precedente, en respuesta a la variación del consumo final de energía secundaria del gas natural, reportada para el 2008 por la Comisión Nacional de Energía, con un decrecimiento del 38,3% en relación con el 2007.

Figura 3.4. Chile. Evolución del consumo de diésel 1996-2008 (millones de m³).



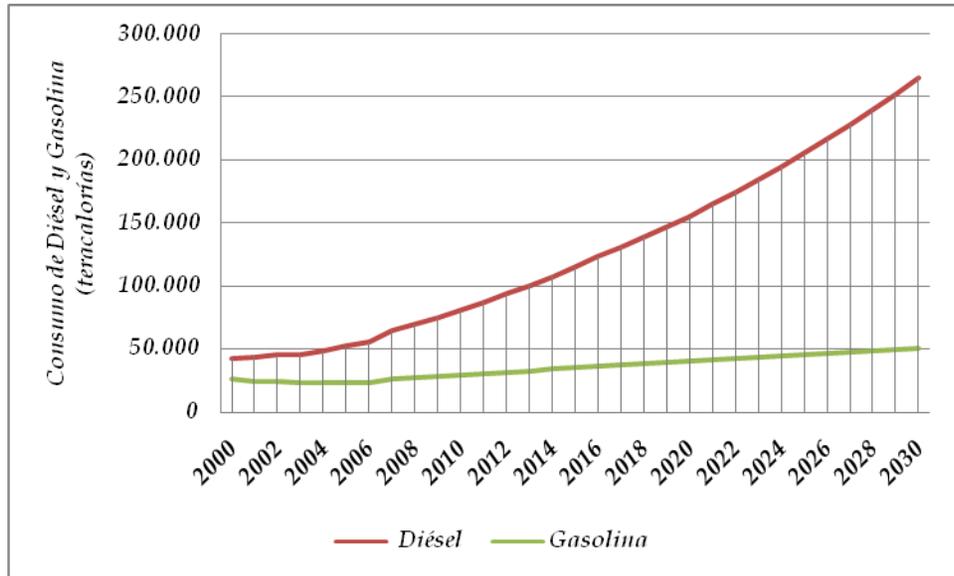
Fuente: CNE y Empresa Nacional de Petróleo 2008.

En una proyección realizada para el período comprendido entre el 2007 y el 2030, se estima que el diésel incrementaría su importancia relativa de 24% a 31%, con respecto al consumo total de petróleos combustibles, a una tasa de crecimiento de 6,5% anual.

En la Figura 3.5 se presenta la proyección del consumo de diésel por sector entre los años 2007 y 2030.

¹⁹ Ver informe final del proyecto (Universidad de Chile 2008).

Figura 3.5 Chile. Proyección de consumo de diésel y gasolina por sector, 2007-2030 (teracalorías).^{1/}



Fuente: Universidad de Chile 2008.

Nota: 1 teracaloría (1×10^{12} calorías) según el Balance Nacional de Energía de Chile 2008 equivale a 0,1133 miles de m^3 de diésel.

4.3. Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel

De acuerdo con la valoración potencial de producción de biodiésel que fue publicada en el documento “Contribución de la política agraria al desarrollo de los biocombustibles en Chile” (ODEPA 2007), se actualizaron las cifras al 2008 para la estimación de la producción de biodiésel, con origen en materia prima proveniente de cultivos agrícolas, como girasol y colza.

Como se muestra en el Cuadro 3.7, la disponibilidad de superficie se estimó en 295,9 miles de hectáreas. Esto podría significar una producción aproximada de 375,8 miles de m^3 de biodiésel, si se mantienen constantes los desempeños agrícolas e industriales expresados como promedios de los últimos ciclos productivos en Chile.

Cuadro 3.7. Chile. Valoración del potencial productivo de biodiésel a partir de fuentes vegetales.

Indicador	Unidades	Girasol	Colza	Total
Rendimiento industrial	m ³ /t	0,44	0,42	No aplica
Rendimiento agrícola promedio 2004 - 2008	t/ha	1,94	3,43	No aplica
Superficie actual 2008-2009	miles de ha	3,8	25,4	29,1
Superficie máxima disponible	miles de ha	90,0	235,0	325,0
Superficie disponible para biodiésel	miles de ha	86,2	209,6	295,9
Producción máxima biodiésel	miles de m ³	73,7	302,1	375,8
Proporción potencial de mezcla 2008	%	0,7%	3,0%	3,7%

Fuente: Elaboración propia con base en ODEPA 2007:57.

El escenario resultante conlleva un potencial de mezcla del 3,7% de biodiésel con respecto a la venta total de diésel realizada para el 2008, la cual fue de 10 135,7 miles de m³.

El aprovisionamiento de grasas animales para la obtención de biodiésel también podría ser valorado en una estimación potencial, si las características obtenidas para este tipo de biocombustible permiten su uso y un aceptable desempeño en los motores, en las condiciones climáticas de Chile, específicamente, en lo que se refiere al punto de humo o solidificación del biodiésel (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8. Producción potencial de biodiésel por materia prima al año 2010 (en miles de m³).

Fuentes de grasas animales	Producción al 2010
Bovinos	15,2
Porcinos	36,1
Otros ^{1/}	1,0
Total potencial	52,3

Nota: 1/ Aves, ovinos y equinos

Fuente: ODEPA 2007.

4.4. Costos de producción de biodiésel

Con base en datos obtenidos de ODEPA, el costo de producción de un litro de biodiésel a partir de aceite de girasol estaría alrededor de los CH\$608/litro o \$US1, 22/litro (Cuadro 3.9).

Cuadro 3.9. Chile. Costos promedio de producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima.

Concepto	Colza		Girasol
	Tradicional	Resistente	
En CH\$ / litro			
Costo de aceite	418,95	383,56	502,31
Costo de procesamiento	124,00	124,00	124,00
Crédito por bonos de carbono	-18,00	-18,00	-18,00
Costo ex-fábrica	524,95	489,56	608,31
En US\$ / litro ^{1/}			
Costo de aceite	0,84	0,77	1,00
Costo de procesamiento	0,25	0,25	0,25
Crédito por bonos de carbono	-0,04	-0,04	-0,04
Costo ex-fábrica	1,05	0,98	1,22

Fuente: ODEPA 2007.

Nota: 1/ Estimación mediante el uso de un tipo de cambio de 500CH\$/1US\$.

1. La producción de biodiésel
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de origen vegetal*
 - 2.1.1. *Soja (Glycine max)*
 - 2.1.2. *Algodón (Gossypium hirsutum)*
 - 2.1.3. *Colza o canola (Brassica napus)*
 - 2.1.4. *Sésamo (Sesamum indicum)*
 - 2.1.5. *Girasol (Helianthus annus L.)*
 - 2.1.6. *Maní (Arachis hypogaea L.)*
 - 2.1.7. *Tártago (Ricinus communis)*
 - 2.1.8. *Tung (Aleurites fordii)*
 - 2.2. *Costos de producción de la materia prima*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Institutos de investigación y desarrollo*
 - 3.2. *Iniciativas públicas o privadas*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio existente en el país para la mezcla de biodiésel*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidad de expandir la oferta de biodiésel*
 - 5.2.1. *Cultivos potenciales o de oportunidad*
 - 5.2.2. *Fuentes potenciales de origen animal*
 - 5.2.3. *Otras fuentes potenciales*
 - 5.2.4. *Área potencialmente cultivable*

1. La producción de biodiésel

En un informe emitido en marzo del 2008 por el grupo de políticas públicas en agroenergía del Consejo Agropecuario del Sur, se evidenciaba que la producción nacional de biocombustibles en Paraguay ha tenido un crecimiento sostenido, basado en las inversiones que se han realizado en el ámbito agrícola – ganadero e industrial.

De conformidad con información oficial proveniente del Ministerio de Industria y Comercio, se pueden destacar los emprendimientos en estudios de factibilidad, así como los que se están preparando para la pronta producción de biodiésel, como se muestra en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Paraguay. Emprendimientos en la producción de biodiésel.

Empresas productoras de biodiésel registradas y en trámite de habilitación	Materia prima	Capacidad instalada (millones de l/año)	Inversión (miles de US\$)
Frigorífico Guaraní	Grasa animal y aceite vegetal	12,0	1752
Bioenergía	Grasa animal y aceite vegetal	4,0	1250
Enerco, S.A.	Grasa animal y aceite vegetal	6,0	390
Sebo Pora, SRL	Grasa animal y aceite vegetal	6,0	240
Agro Silo Santo Ángelo, S.A.	Aceite vegetal	1,8	400
Subtotal empresas de biodiésel registradas		29,8	4 032
Frigorífico Concepción	Grasa animal y aceite vegetal	9,0	N / D
Cooperativa Cosecha Feliz	Aceite vegetal	3,6	90,5
Quest, S.A.	Aceite vegetal	1,8	80,0
CIMSA ^{1/}	Aceite reciclado y grasa animal	0,6	25,0
Subtotal empresas de biodiésel en trámite de habilitación		15,0	195,5

Fuente: Ministerio de Industria y Comercio 2008, Paraguay.

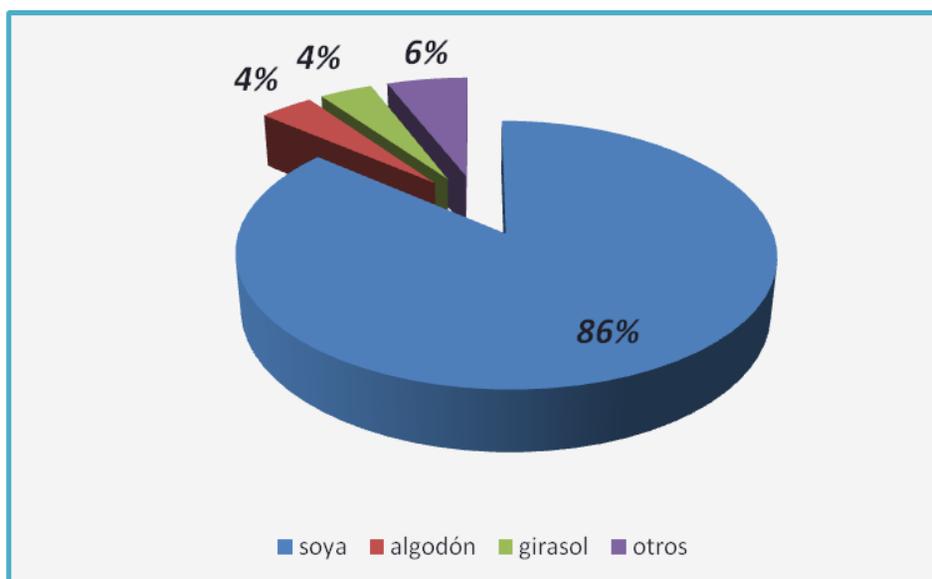
Nota: 1/ Datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Paraguay.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes de origen vegetal

La producción aceitera se basa principalmente en el cultivo de soya, el cual registró una superficie de siembra de 2,4 millones de hectáreas para el ciclo agrícola 2006-2007, seguido en orden de importancia por el algodón y el girasol con 110 y 109 mil ha, respectivamente (Figura 4.1).

Figura 4.1. Paraguay. Distribución de la superficie de siembra de cultivos oleaginosos (ciclo de cultivo 2006-2007).



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Nota: Otros = Sésamo, maní, tártago o higuierilla, canola y tung.

Para el ciclo precedente 2005-2006, la situación de la producción de grano y aceite de estas fuentes se presentan en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Paraguay. Producción de grano y aceite por fuente, zafra 2005-2006.

Cultivo	Área (miles de ha)	Rendimiento agrícola grano (t/ha)	Producción grano (miles de t)	Rendimiento industrial aceite (%)	Producción aceite	
					(t/ha)	(l/ha)
Soya	2426	1,50	3641	19%	0,285	261,2
algodón	245	0,73	180	24%	0,176	161,3
Canola	57	1,08	62	50%	0,540	491,4
sésamo	56	0,89	50	50%	0,446	N/D
Girasol	45	1,51	68	45%	0,680	621,5
Maní	37	0,97	36	50%	0,486	442,7
Tung	12	3,80	46	48%	1,824	N/D
Tártago ^{1/}	10	1,05	11	42%	0,441	422,5

Fuente: MAG 2007b, Dirección General de Planificación, Paraguay.

Nota 1/: Conocido también como higuierilla.

2.1.1. Soja (*Glycine max*)

Según datos de la Dirección General de Planificación del MAG de Paraguay, en el año agrícola 2005-2006 se sembraron 2426 miles de hectáreas de soja (*Glycine max*), las cuales produjeron un total de 3641 miles de toneladas de semilla (Cuadro 4.3 y Figura 4.2).

Del total producido, se exportó el 65,4%, se industrializó el 32,4% y el 2,2% fue destinado a semilla (Figura 4.3). El rendimiento de dicha zafra fue de solo 1,5 t/ha. Esta situación se dio por fenómenos climáticos adversos en etapas críticas del cultivo.

Si se toman como referencia rendimientos del cultivo donde no hubo situaciones adversas significativas, se obtienen 2,6 t/ha, conforme el nivel de rendimiento registrado durante el ciclo agrícola 2006-2007. Si se tiene un rendimiento industrial de aceite del 19%, una hectárea de soja puede producir alrededor de 0,5 t de aceite.

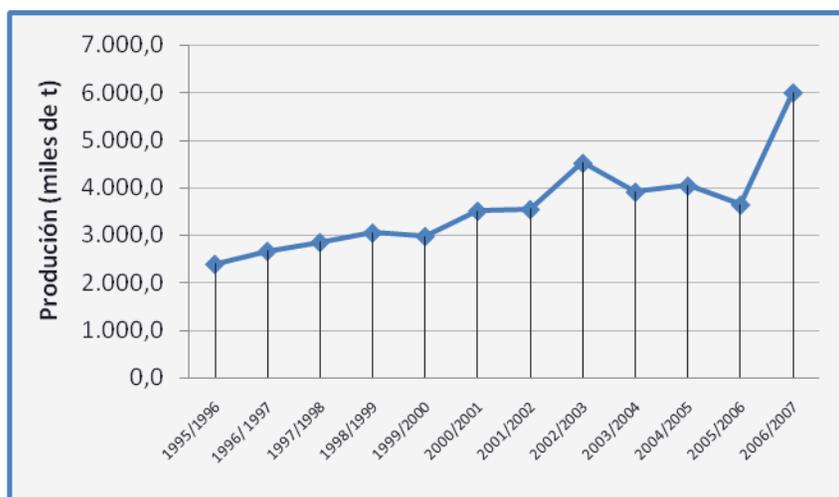
Como resultado de la tendencia mundial de incremento del consumo de aceites, la producción de soja creció durante el período comprendido entre el ciclo 1995-1996 a 2006-2007 a una tasa media anual del 8,7% (Cuadro 4.3, Figura 4.2), excepto en el ciclo agrícola del 2005-2006, en el cual se registró una caída en la producción como resultado de una significativa disminución del rendimiento, con de una magnitud del -40,6% con respecto al desempeño promedio del período de observación reseñado, por la incidencia de efectos climáticos adversos.

Cuadro 4.3. Paraguay. Evolución de la producción de soja en los períodos 1995-1996 / 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles de ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles de t)
1995 / 1996	833,0	2,87	2394,9
1996 / 1997	939,7	2,84	2669,6
1997 / 1998	1086,0	2,63	2855,2
1998 / 1999	1165,7	2,62	3053,1
1999 / 2000	1176,5	2,53	2980,0
2000 / 2001	1350,0	2,60	3511,4
2001 / 2002	1445,4	2,45	3546,7
2002 / 2003	1474,2	3,06	4518,0
2003 / 2004	1481,0	2,64	3911,4
2004 / 2005	1935,7	2,09	4040,8
2005 / 2006	2426,0	1,50	3641,2
2006 / 2007	2400,0	2,50	6000,0

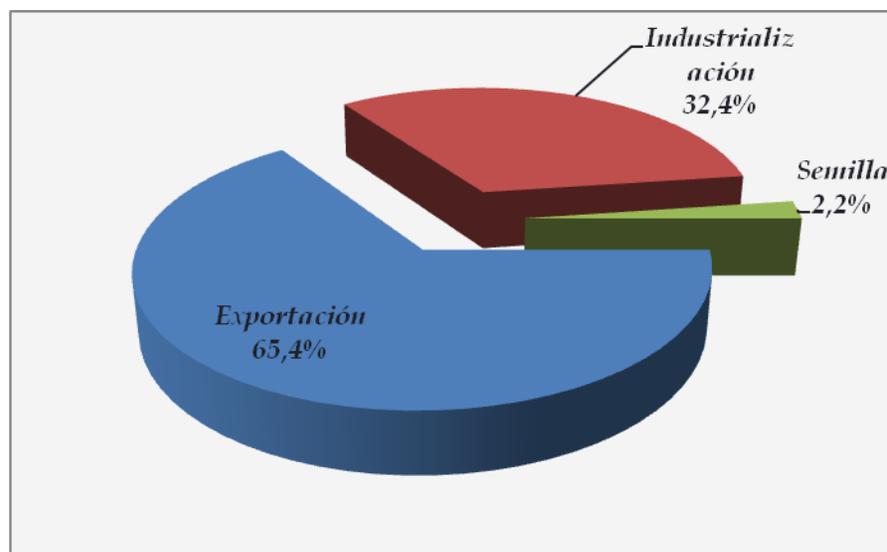
Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.2. Paraguay. Evolución de la producción de soja en los períodos 1995-1996 / 2006-2007.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.3. Paraguay. Principales destinos de uso de la producción agrícola de soja en el período 2005-2006.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

2.1.2. Algodón (*Gossypium hirsutum*)

Datos estadísticos del MAG correspondientes a la zafra 2005-2006 estiman que se sembraron alrededor de 245 mil hectáreas del rubro textil y se obtuvo una producción total de 180 mil toneladas aproximadamente. La semilla de algodón, por su parte, tiene un rendimiento industrial del 24%. De una hectárea de este cultivo, se pueden obtener aproximadamente 0,176 t de aceite.

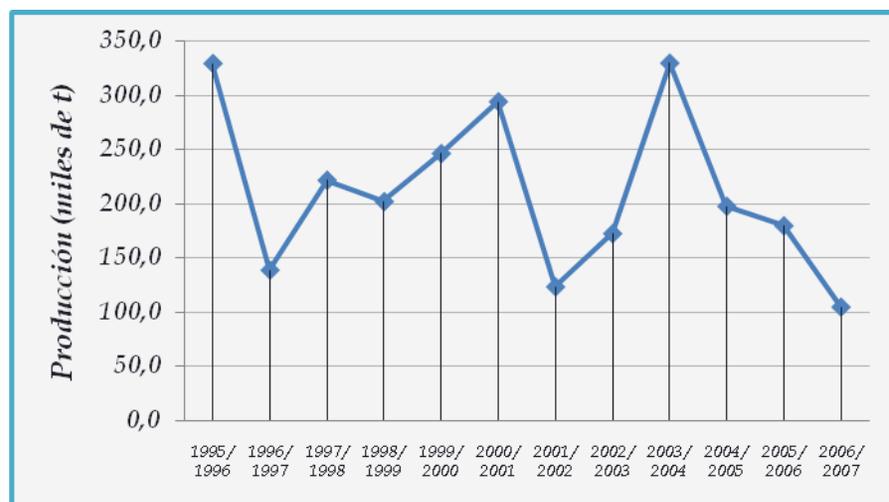
Aunque fluctuante durante el período comprendido entre los ciclos agrícolas 1995-1996 y 2006-2007, la producción de algodón ha seguido una tendencia declinante, con una tasa media anual de crecimiento de -9,9% (Cuadro 4.4 y Figura 4.4).

Cuadro 4.4. Paraguay. Evolución de la producción de algodón en el período agrícola 1995-1996 / 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles t)
1995 / 1996	306,6	1,08	329,8
1996 / 1997	110,7	1,26	139,1
1997 / 1998	202,0	1,10	222,0
1998 / 1999	166,2	1,22	202,3
1999 / 2000	194,8	1,27	246,6
2000 / 2001	297,9	0,99	294,4
2001 / 2002	169,7	0,73	123,7
2002 / 2003	186,4	0,93	172,8
2003 / 2004	320,0	1,03	330,0
2004 / 2005	225,0	0,88	198,0
2005 / 2006	245,0	0,73	180,0
2006 / 2007	110,0	0,95	105,0

Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.4. Paraguay. Evolución de la producción de algodón en los períodos 1995-1996 / 2006-2007.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

2.1.3. Colza o canola (*Brassica napus*)

La canola es cultivada en su totalidad en la región oriental del país y alcanza durante la zafra 2005-2006 una superficie de siembra de 57,4 mil ha, las cuales produjeron en total unas 62,1 miles de t, hasta obtener un rendimiento de 1,083 t de semilla por hectárea.

La canola tiene un rendimiento industrial del 50%, por lo que de una hectárea y según el rendimiento nacional obtenido durante la zafra 2005-2006, se obtendrían alrededor de 0,540 t de aceite.

2.1.4. Sésamo (*Sesamum indicum*)

Durante la zafra 2005-2006, se sembraron unas 56 mil ha de sésamo, según datos estadísticos del MAG. De estas se obtuvieron 50 mil toneladas del cultivo, lo que generó un rendimiento promedio de 0,89 t/ha. Este rubro tiene un rendimiento industrial del orden del 50%, que puede producir aproximadamente 0,4464 t de aceite por hectárea.

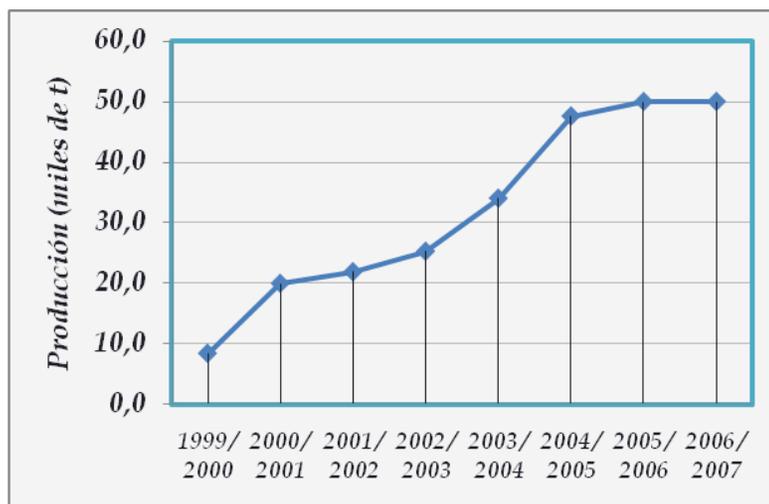
La producción de sésamo se ha incrementado durante el período agrícola 1999-2000 / 2006-2007 a una vigorosa tasa anual del 29,1% (Cuadro 4.5, Figura 4.5).

Cuadro 4.5. Paraguay. Evolución de la producción de sésamo durante el período agrícola 1999-2000 / 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles t)
1999 / 2000	8,8	0,95	8,3
2000 / 2001	16,5	1,21	19,9
2001 / 2002	26,5	0,82	21,8
2002 / 2003	24,3	1,04	25,2
2003 / 2004	40,0	0,85	34,0
2004 / 2005	38,0	1,25	47,6
2005 / 2006	56,0	0,89	50,0
2006 / 2007	50,0	1,00	50,0

Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.5. Paraguay. Evolución de la producción de sésamo en los períodos 1999-2000/2006-2007.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

2.1.5. Girasol (*Helianthus annus L.*)

Durante la zafra 2005-2006 se sembraron unas 45 mil ha de este rubro. El mismo presentó un rendimiento de 1,5 t/ha, con una producción total de 68 mil t de semilla. El girasol tiene un rendimiento industrial de aceite del orden de los 45%, lo que significaría una producción de 0,675 t de aceite por hectárea.

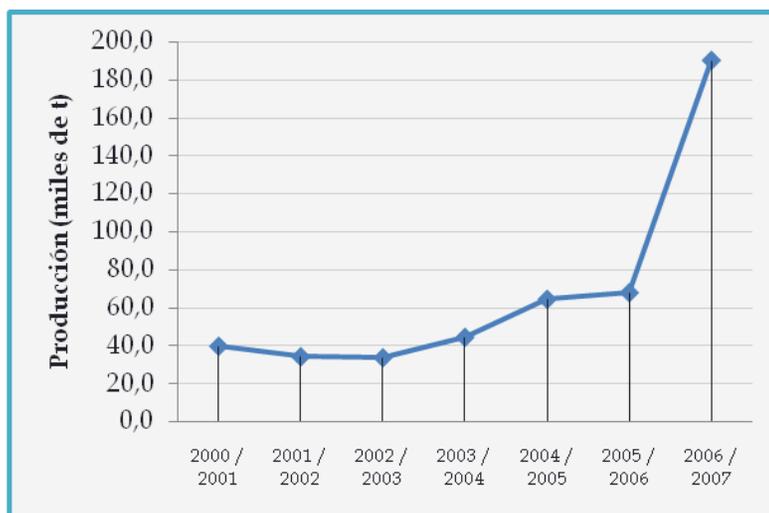
La producción de girasol declinó durante los primeros años de la década del 2000, pero a partir de la zafra del 2002-2003 la producción comenzó a crecer a una tasa anual del 29,7% (Cuadro 4.6, Figura 4.6). Es significativo el incremento registrado para el último ciclo agrícola registrado (2006-2007), pues casi triplica la producción del ciclo agrícola precedente.

Cuadro 4. 6. Paraguay. Evolución de la producción de girasol en el período 2000-2001/ 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles t)
2000 / 2001	30,4	1,31	39,9
2001 / 2002	24,0	1,43	34,3
2002 / 2003	24,7	1,37	33,8
2003 / 2004	29,7	1,50	44,6
2004 / 2005	43,0	1,50	64,5
2005 / 2006	45,0	1,51	68,0
2006 / 2007	109,0	1,74	190,0

Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.6. Paraguay. Evolución de la producción de girasol 2000-2001 / 2006-2007.



Fuente IICA 2007b; MAG 2007.

2.1.6. Maní (*Arachis hypogaea* L.)

El maní se cultiva en ambas regiones del país: en la Región Oriental, donde se encuentra la mayor parte de la producción, y en la Región Occidental. La superficie total se ha mantenido muy constante durante los últimos tres ciclos agrícolas, comprendidos del 2003-2004 al 2006-2007, en un rango de las 35 a 37 mil ha y un rendimiento medio de las 0,971 t/ha.

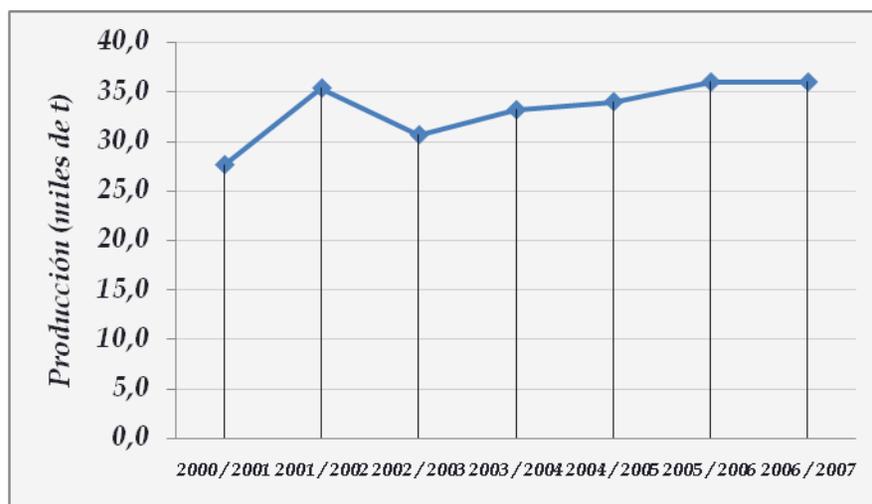
El rendimiento industrial de este cultivo es del 50%, por lo que una hectárea puede producir alrededor de 0,5 t de aceite.

Cuadro 4. 7. Paraguay. Evolución de la producción de maní en el período 2000-2001 / 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles t)
2000 / 2001	30,3	0,91	27,6
2001 / 2002	39,3	0,90	35,4
2002 / 2003	33,4	0,92	30,6
2003 / 2004	34,9	0,95	33,2
2004 / 2005	35,0	0,97	34,0
2005 / 2006	37,0	0,97	36,0
2006 / 2007	37,0	0,97	36,0

Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.7. Paraguay. Evolución de la producción de maní 2000-2001 - 2006-2007.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

2.1.7. Tártago (*Ricinus communis*)

El tártago (*Ricinus communis*) es otro de los cultivos que proporciona volúmenes importantes de materia prima para la producción de biodiésel. Tiene una vida útil de dos años y permite obtener dos cosechas por año. Tiene una productividad media de 1,2 t/ha/año.

Según datos estadísticos del MAG, en la zafra 2005-2006 se sembraron alrededor de 10 mil ha, de las cuales se obtuvieron 10,5 mil t de grano.

El Cuadro 4.8 muestra la evolución de la producción de tártago durante el período 2000-2001 a 2005-2006. Durante los últimos años, la producción y la superficie de siembra se han mantenido constantes (Cuadro 4.8 y Figura 4.8).

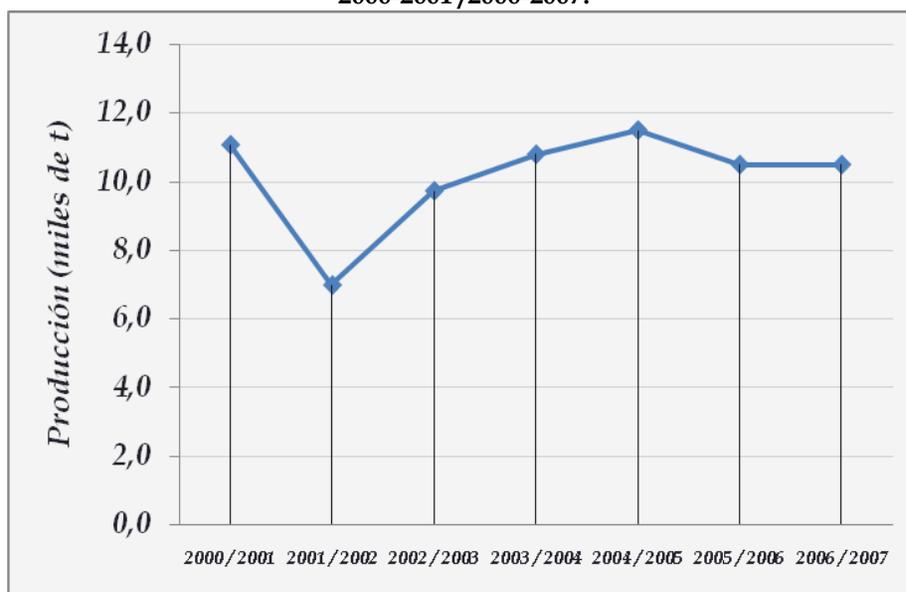
Su rendimiento industrial de aceite es del 42%, por lo que se calcula que de una hectárea se obtendrían alrededor de 0,504 t de aceite.

Cuadro 4. 8. Paraguay. Evolución de la producción de tártago en el período 2000-2001 / 2006-2007.

Ciclo	Superficie (miles ha)	Rendimiento del cultivo (t/ha)	Producción cultivo (miles t)
2000 / 2001	10,4	1,07	11,1
2001 / 2002	5,8	1,22	7,0
2002 / 2003	8,0	1,21	9,7
2003 / 2004	9,0	1,20	10,8
2004 / 2005	10,0	1,15	11,5
2005 / 2006	10,0	1,05	10,5
2006 / 2007	10,0	1,05	10,5

Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

Figura 4.8. Paraguay. Evolución de la superficie cultivada con tártago en el período 2000-2001 / 2006-2007.



Fuente: IICA 2007b y MAG 2007.

2.1.8. Tung (*Aleurites fordii*)

El tung (*Aleurites fordii*) es un árbol originario del Extremo Oriente, en particular de la China. Es de porte y carga frondosa capaz de alcanzar los diez metros de altura con una copa de cinco a diez metros de diámetro. Es un cultivo perenne.

Según estimaciones de estadísticas agropecuarias, el total de la superficie ocupada por el tung se encuentra en la Región Oriental de Paraguay.

El cultivo ocupó para la zafra 2005-2006 un total del 12 mil ha, de las cuales se obtuvieron unas 45,6 miles de toneladas. Esto significó un promedio de aproximadamente 3,8 t/ha. Este rubro presenta un rendimiento industrial de aceite del 48%. En relación con el rendimiento nacional, se estima una producción de 1,8 t de aceite por hectárea. Sin embargo, el aceite de esta fuente es de poco uso para el biodiésel, debido a su acidez.

2.2. Costos de producción de la materia prima

Para la zafra 2006-2007, se recurrió a la Dirección General de Planificación del MAG, como fuente oficial para estimar el costo de producción de soja convencional con sistema mecanizado por unidad de superficie.

Aquí se contemplan los costos efectivamente desembolsados por el productor y la cuantificación de los costos indirectos, lo que genera un valor total aproximado de US\$422,81/ha. Los costos directos o efectivamente incurridos alcanzan US\$317,70/ha.

En el Cuadro 4.9 se muestran los costos de producción de los cultivos oleaginosos.

Cuadro 4.9. Paraguay. Costos de producción de los principales cultivos oleaginosos.

Cultivo / sistema	Costos de producción		Rendimiento 2005 / 2006 (4)	Costo unitario
	Miles G\$/ha	US\$/ha (1)	t/ha	US\$/t
Soya convencional mecanizada	2130,9	422,81	2,529	167,19
Soja siembra directa (2)	2172,2	431,00	2,529	170,43
Sésamo tradicional	1035,8	205,51	0,893	230,17
Algodón (3)	2197,0	435,91	0,735	593,33
Maní	1773,9	351,97	0,973	361,75
Girasol	1409,2	279,60	1,511	185,03
Tártago	977,4	193,93	1,050	184,70

Fuente: MAG 2007b, Dirección General de Planificación.

Notas:

(1) Tipo de cambio: 5040 guaraníes por US\$1,00, según el Banco Central del Paraguay, al 01 jun. 2007 Disponible en <http://www.bcp.gov.py/cotrefhist.aspx>

(2) Costo estimado por la Federación Paraguaya de Siembra Directa para una Agricultura Sustentable, (FEPASIDIAS). Se consideran solamente los costos directos.

(3) Para la zafra 2006-2007, se ha considerado como fuente de información al sector privado, liderado por la Cámara Algodonera del Paraguay (CADELPA), que toma en cuenta los costos reales registrados por el productor convencional de algodón en rama y que considera rendimientos mayores a los 1200 kg/ha.

(4) Rendimientos de cosecha registrados para el ciclo agrícola 2005-2006, excepto la soja, para la cual se ha tomado el promedio de los ciclos comprendidos del 1995-1996 al 2006-2007.

Según datos de la Cámara Paraguaya del Biodiésel, el costo unitario de la grasa animal como materia prima oscila alrededor de los G\$1900 (US\$0,37) por litro, al que hay que agregarle los otros insumos necesarios para la producción.²⁰

Si se considera que el costo de la materia prima representa el 75% del costo total de producción²¹, se deduce de los datos proporcionados por la Cámara Paraguaya de Biodiésel que el costo de un litro de biodiésel ronda los G\$2500, es decir, US\$0,50, sin incluir las inversiones en maquinaria e infraestructura.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Institutos de investigación y desarrollo

El MAG es la principal institución nacional que impulsa la investigación agropecuaria, a través de dos direcciones: la Dirección de Investigación Agrícola (DIA) y la Dirección de Investigación y Producción Animal (DIPA).

La primera investiga y genera conocimientos y tecnología agraria, que contribuya a la solución de los problemas ambientales, sociales y económicos asociados a las cadenas agroalimentarias y agro productivas relevantes del sector agrícola del país. Esto apoya el desarrollo sostenible y competitivo de la agricultura y del medio rural, conforme a las políticas y estrategias del MAG.

La segunda institución cumple con las mismas actividades que la citada, pero con énfasis en la producción animal.

En lo que respecta a biodiésel, todavía son pocas las investigaciones que se realizan en torno a la producción de materias primas. Actualmente algunas iniciativas, principalmente privadas, producen y utilizan biodiésel en sus propios vehículos en forma de prueba. Recientemente el sector público, por medio de PETROPAR, empezó a incursionar en la producción y uso del diésel de origen biológico en su flota de vehículos.

3.2. Iniciativas públicas o privadas

A partir del 2006, se percibe un fuerte impulso a la promoción y activación de emprendimientos para la producción de biodiésel en el país. En ese sentido, en marzo de ese año, los directivos de la Cámara de Procesadores de Oleaginosas (CAPRO) demostraron su interés en acompañar el plan nacional de biocombustibles durante una reunión con el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), donde plantearon una serie de acciones para el desarrollo del sector.

²⁰ De la materia prima utilizada para la producción de biodiésel, ya sea aceite vegetal o grasa animal, se aprovecha el 92%, por lo que con 10 kg de materia prima, más los insumos utilizados durante el proceso de producción, se obtendrían 10,8 litros de biodiésel.

²¹ Costo total de producción incluye: costos variables: materia prima, mano de obra directa, insumos, gastos de venta. Costos fijos: mano de obra indirecta, mantenimiento, gastos de administración, impuestos, costos financieros y depreciación.

Dentro del marco del plan nacional de biocombustibles, en la reunión del Consejo Bilateral de Comercio e Inversión realizada en marzo del 2007, Paraguay estableció una alianza con EE.UU. para la producción de biodiésel.

En mayo del 2007, se realizó el Seminario de Biocombustibles Paraguay - Brasil, organizado por la Red de Importaciones y Exportaciones (REDIEX). En dicho evento se contó con la presencia del Presidente de Brasil, Ignacio Lula da Silva, y el de Paraguay, Nicanor Duarte Frutos. También asistieron empresarios, expertos y autoridades del rubro provenientes de ambos países.

Por su parte, empresarios españoles firmaron contratos con sus pares paraguayos para la compra de semilla de canola (*Brassica napus*), la producción de aceite y su posterior exportación a España, donde la empresa española posee una fábrica de biodiésel. En Europa, la tasa obligatoria de biodiésel en diésel será del 1,9% para el 2008, de 3,5% para el 2009 y de 5,75% para el 2010. Esta situación crea una oportunidad de mercado interesante para la canola producida en Paraguay.

Mediante la resolución 234 / 07, el MIC anunció que a final del año será obligatoria la mezcla de biodiésel para uso vehicular. Inicialmente se incorporará 1%, porcentaje que irá en aumento a medida que se incremente la oferta del biocombustible. Se estima que para el 2008 el porcentaje sería del 3% y para el 2009 del 5%, hasta llegar a un máximo del 20%.

Esta nueva normativa gubernamental motiva a la inversión en investigación y producción de biodiésel por parte de ambos sectores, el privado y el público. Esta iniciativa dio su primer paso en estos días con la primera compra de biodiésel para su mezcla con gasoil para uso vehicular. La compra, que corresponde a la primera partida de biodiésel, la realizó la entidad estatal PETROPAR, que adquirió un volumen de 120 mil litros de la empresa Frigorífico Guaraní.

Asimismo la empresa estatal PETROPAR, proyecta la construcción de una planta para la producción de biodiésel con una capacidad de 100 mil litros diarios, la cual sería instalada en la zona norte del país, en el departamento de San Pedro. Se prevé que utilizarán como materia prima semilla de tártao.

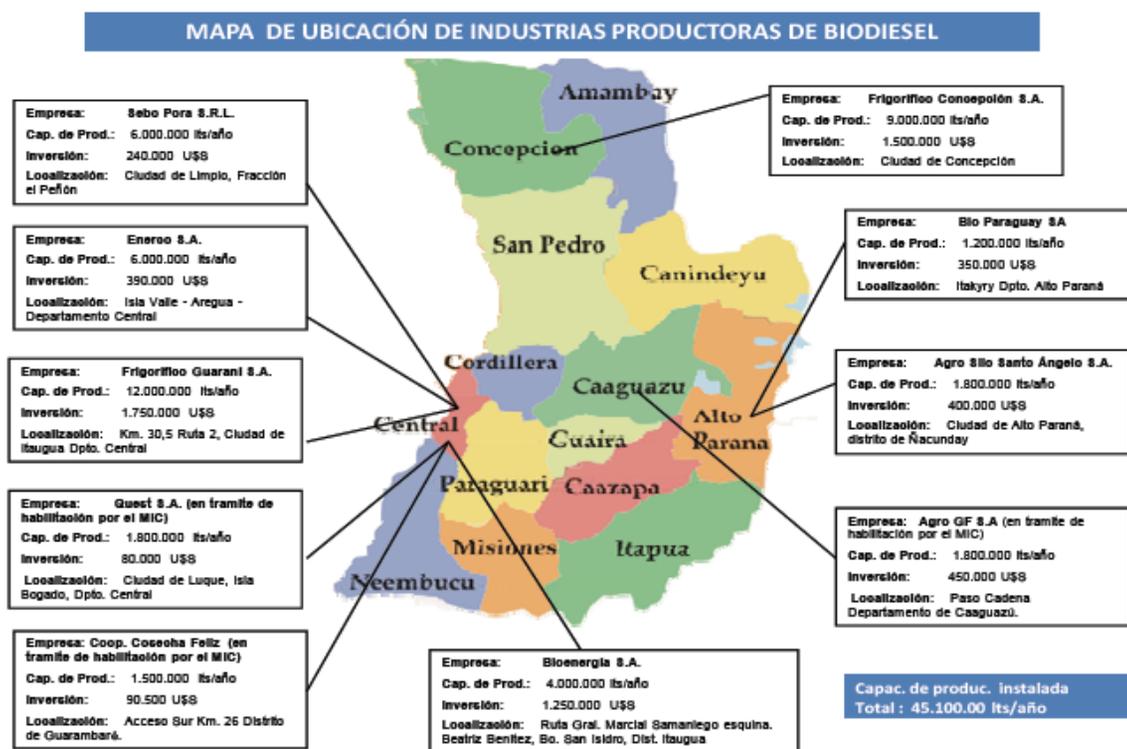
Por su parte, el sector privado muestra iniciativas concretas de aprovechamiento de las instalaciones industriales dedicadas a otras actividades como el faenamamiento y procesamiento de carne vacuna, aceites comestibles para la obtención del biodiésel como se puede observar en el mapa de ubicación de industrias productoras de biodiésel en la Figura 4.9.

Las principales empresas productoras de biodiésel habilitadas actualmente, con sus respectivas capacidades de producción y materias primas utilizadas, se mencionan a continuación:

- ✓ **Frigorífico Guaraní:** capacidad: 12 000 m³/año. Materia prima: grasa animal. Ubicada en Itaugua, en el departamento Central.
- ✓ **Bioenergía SAECA:** capacidad: 4000 m³/año. Materia prima: grasa animal, aceites recuperados, aceites ácidos. Ubicada en Itaugua, en el departamento Central.
- ✓ **Enerco:** capacidad: 3 600 m³/año. Materia prima: grasa animal, aceites vegetales. Ubicada en Aregua, en el departamento Central.

Recientemente la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas, (CAPECO) realizó una conferencia sobre biocombustibles, donde participó el conferencista Roberto Rodríguez, ex-Ministro de Agricultura del Brasil y actual co-Presidente de la Comisión Interamericana del Etanol, dentro del marco del plan nacional de biocombustibles, con el fin de potenciar las opciones de producción de biodiésel en el país.

Figura 4.9. Paraguay. Mapa de ubicación de industrias productoras de biodiésel.



Fuente: MIC y MAG 2009.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

En el 2005 el Poder Legislativo de Paraguay promulgó la Ley n.º 2 748/05 de fomento de los biocombustibles y su reglamentación. Los principales puntos de esta ley se presentan a continuación:

La finalidad de esta Ley es contribuir con el desarrollo sostenible y así facilitar:

- ✓ La implementación de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
- ✓ La aplicación de beneficios mediante fuentes adicionales de financiamiento y de beneficios impositivos previstos en las Leyes 60/90 y 2421/04.

Los biocombustibles deberán ser definidos y cumplir con los parámetros mínimos de calidad que establezca el Poder Ejecutivo, a través del MIC.

Se declara de interés nacional la producción industrial y su materia prima agropecuaria (con origen local) y el uso de biocombustibles en el territorio nacional.

Se otorga al MIC la atribución de certificar cuando una inversión o actividad industrial está directamente involucrada en la producción o uso de un biocombustible.

Se otorga al MAG la atribución de promover, con énfasis y efectividad, y fiscalizar la producción de materias primas, tanto de origen vegetal como animal, las cuales serán utilizadas en la elaboración de biocombustibles para luego emitir su certificación de origen.

La obligatoriedad de mezcla de los combustibles derivados de petróleo con biodiésel y con etanol, adecuados en una proporción, será establecida por el MIC.

A finales de diciembre del 2006, dentro del marco del plan nacional de exportación, la REDIEX formó la mesa sectorial de biocombustibles. Esta mesa tuvo como funciones integrar instituciones públicas, privadas y las universidades relacionadas con el sector, a fin de concentrar esfuerzos para mejorar la competitividad con respecto al tema.

El MIC involucró, además, a la Dirección General de Combustibles, dependiente de la Subsecretaría del Estado de Comercio, a la cual otorgó las siguientes funciones específicas:

- a. Constituir el órgano encargado de administrar a nivel nacional y dar seguimiento a la aplicación de los instrumentos de política comercial en materia de combustibles y derivados.
- b. Coordinar con los demás organismos técnicos del MIC, así como de otras instituciones gubernamentales competentes, el programa interinstitucional de control y fiscalización de cumplimientos de las normativas vigentes, relacionadas con los productos derivados del petróleo, de manera que se pueda garantizar la calidad del producto comercializado en el mercado nacional.
- c. Elaborar los análisis, estudios, dictámenes y consultas que resulten necesarios para la actualización de las normativas vigentes, para adecuarlos a las nuevas exigencias del mercado y lograr cumplimiento de las funciones establecidas en la presente resolución.
- d. Canalizar, a través de los mecanismos apropiados, las solicitudes, requerimientos, inquietudes o problemas presentados por el sector privado o público en relación con la ejecución de política de comercio en el área de combustible y derivados.

A través de un Decreto Presidencial de abril del 2008, el Programa Nacional de Biocombustibles del MAG se constituye con las siguientes funciones principales:

- a. Implementar programas de investigación que contribuyan al mejoramiento de la productividad agrícola y al desarrollo de nuevas variedades de materias primas por ser utilizadas en la producción de biocombustibles.
- b. Elaborar un plan de extensión agrícola orientado a la asistencia de los productores primarios involucrados en la producción de biocombustibles.

Además, el Senado de la Nación ha presentado un programa de combustibles alternativos, cuyo objetivo es desarrollar e implementar un programa de combustible alternativo al combustible fósil. Dicho programa tiene dos componentes:

- a. La producción y el uso de alcohol vegetal a través de la caña de azúcar y la mandioca.
- b. La producción y el uso de biodiésel a través de aceites vegetales de tártago, coco (mbocaja), colza, maní, soja, entre otros.

4.2. Marco regulatorio existente en el país para la mezcla de biodiésel

Como se mencionó anteriormente, el MIC, mediante la resolución 234 / 07, establece que al final del año será obligatoria la mezcla de biodiésel para uso vehicular, para lo cual se irán incorporando los porcentajes según el incremento de la oferta del biocombustible. Esto motiva a la inversión en investigación y producción de biodiésel en los sectores privado y público, pues establece reglas claras en el marco normativo y de comercialización.

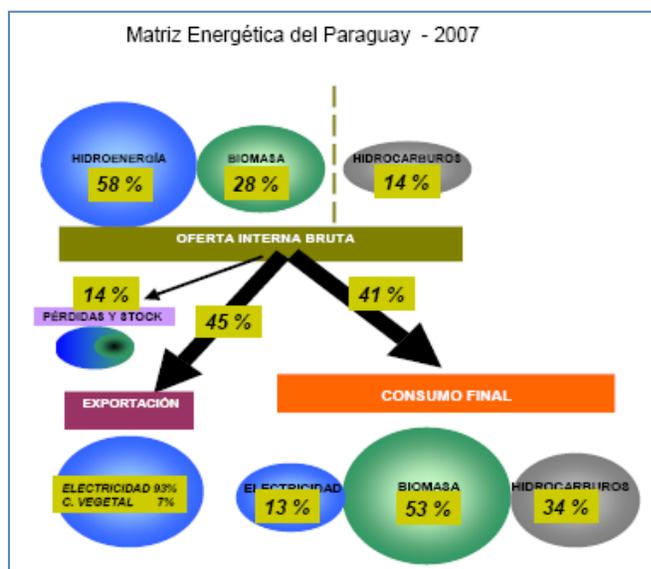
5. Aspectos potenciales

Para el año 2007, la oferta energética nacional se componía en un 58% de hidroenergía, 8% de biomasa y 14% de hidrocarburos (Figura 4.10).

De esa oferta, 45% se destina a la exportación (principalmente hidroelectricidad) y 41% se orienta al mercado interno.

En cuanto al consumo final del mercado interno, más del 50% consiste en uso de biomasa, solo 13% en energía hidroeléctrica y 34% en combustibles.

Figura 4.10. Matriz energética de Paraguay en el 2007.



Fuente: Dietze y Rodríguez 2009.

Ante este escenario energético, para Paraguay se visualizan los siguientes aspectos potenciales para una política nacional de biocombustibles:

- ✓ Diversificar la matriz energética nacional.
- ✓ Disminuir los efectos contaminantes de los petrocombustibles y reducir su impacto en la economía nacional.
- ✓ Amortiguar el aumento del precio del petróleo.
- ✓ Ofrecer alternativas de producción rentable para la agricultura familiar campesina y agregar mayor valor a la producción primaria.
- ✓ Diseñar un nuevo rubro de exportación del país.
- ✓ Propiciar un efecto multiplicador sobre el PIB y el crecimiento económico.
- ✓ Crear nuevas fuentes de trabajo (inclusión social) y fomentar el arraigo en las comunidades rurales.

5.1. Consumo de diésel

A la luz de los registros de ventas de Petróleos Paraguayos (PETROPAR), empresa pública dominante en el mercado de combustibles y biocombustibles, el consumo de diésel o gasoil ha registrado una participación histórica del 88,1%, durante el período comprendido entre 1999 y el 2007, como se puede observar en el Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10. Paraguay. Evolución de las ventas de derivados de petróleo por PETROPAR en el período 1999 - 2007 (en millones de litros).

Año	Gasoil ^{1/}	Naftas ^{2/}	Otros ^{3/}	Total
1999	1 042,8	80,4	146,8	1270,0
2000	1 072,3	122,8	110,0	1305,2
2001	998,7	88,2	78,8	1165,7
2002	986,1	56,8	43,8	1086,7
2003	1 053,7	62,4	25,0	1141,1
2004	1 004,7	67,9	25,6	1098,1
2005	948,4	7 0,3	19,9	1038,6
2006	960,4	88,5	11,0	1059,8
2007	907,2	107,9	1,7	1016,7
Participación 1999-2007	88,1%	7,3%	4,5%	100,0%
Tasa media de crecimiento 1999-2007	-1,7%	3,7%	-42,8%	-2,7%

Fuente: PETROPAR, Dirección Comercial. Disponible en <http://www.petropar.gov.py/documentos/VolumenVenta1999-2007.pdf>

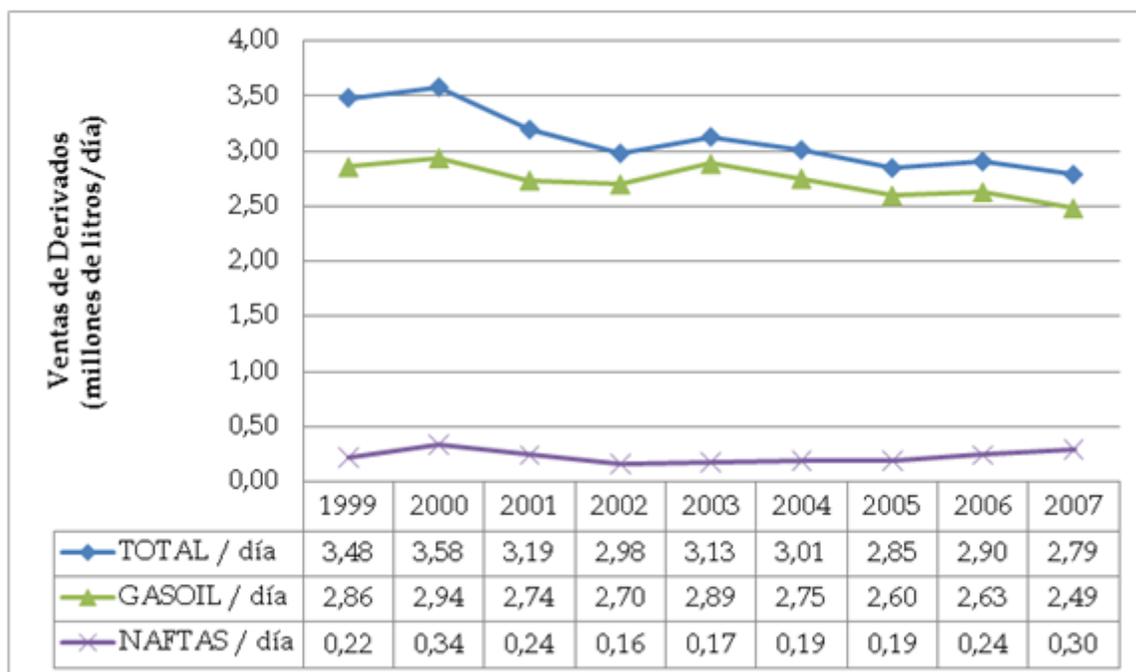
Notas: 1/ Gasoil o diésel. 2/ Incluye: nafta común /econo 85, nafta súper, plus 85 sin plomo, plus 95 sin plomo y plus 97 sin plomo. 3/ Incluye: aeronafta, kerosene, turbo fuel, fuel oil, G.L.P

De acuerdo con el registro del automotor a enero del 2008, el 79% de la flota vehicular paraguaya es propulsada por el diésel, lo que evidencia la significativa participación de este combustible en el mercado.

No obstante, se puede observar que el patrón de consumo de diésel registró una tasa promedio anual de decrecimiento del -1,7% para el mismo período 1999 - 2007, en virtud de que las denominadas naftas han venido incrementando su consumo a una tasa media anual de mayor de magnitud del 3,7%.

El patrón de consumo total diario de derivados de petróleo, incluido el gasoil y las naftas, puede apreciarse en la Figura 4.11, de conformidad con los reportes de ventas de PETROPAR.

Figura 4.11. Paraguay. Patrón de consumo diario para algunos derivados de petróleo comercializados por PETROPAR en el período 1999–2007 (millones de litros / día).



Fuente: PETROPAR, Dirección Comercial. Disponible en <http://www.petropar.gov.py/documentos/VolumenVenta1999-2007.pdf>

5.2. Posibilidad de expandir la oferta de biodiésel

5.2.1. Cultivos potenciales o de oportunidad

Existen varias materias primas en proceso de investigación y desarrollo del producto, especialmente de aquellas no comestibles, cuya productividad alcanza niveles relevantes como por ejemplo: *cocotero* y *jatropha*.

- *Coco o mbokaja (Acrocomia totai)*

El coco (*Acrocomia totai*) es una palmera que mide entre 13 m y 20 m de altura y de 3 m a 4,5 m de diámetro de copa, cubierta de una corteza lisa y oscura, dotada de espinas fuertes y rectas de hasta 15 cm de largo. El fruto es una drupa globosa, en la cual aparecen desde 4 hasta 14 racimos por ejemplar. Su dimensión oscila entre 3 cm y 4 cm de diámetro.

Se estima que existen más de 60 millones de plantas de *mbokaja* o coco (*Acrocomia totai*) en forma natural. Esta planta es la única oleaginosa de la que se pueden obtener dos tipos de aceite: el aceite de pulpa, el cual rinde entre 4% y 5% de la fruta, y el aceite de almendra, que rinde entre 55% y 60% de rendimiento. De forma silvestre, su producción anual es de 15 kg de frutos por planta y cada cacho puede tener hasta 500 frutos.

El *mbokaja* empieza a producir a partir de los cinco años, situación desmotivante para el productor. Una propuesta más que interesante por su complementariedad es la del cultivo asociado con tártago en una misma y única parcela. Este método permitiría reducir costos del cultivo y de los cuidados correspondientes. Esto traería como consecuencia el aumento de los beneficios económicos por parte del productor, ya que la primera producción del tártago (*Ricinus communis*) es los seis meses.

- ***Piñón manso (Jatropha curcas L.)***

Originario de México y Centroamérica, el piñón manso (*Jatropha curcas*) es una oleaginosa perenne de porte arbustivo que crece a más de dos o tres metros de altura.

Produce frutos en forma de cápsulas drupáceas y ovoides, al principio carnosos pero dehiscentes cuando se secan, momento en el que el fruto y las semillas se encuentran en estado maduro. Cada planta produce, a partir del primer año, alrededor de 4 a 5 kilos de semilla, cuyo rendimiento industrial es de cerca del 38%.

Los distanciamientos de plantación son distintos, se pueden utilizar: 3 m x 3 m, equivalentes a aproximadamente 1100 plantas por hectárea o 4 m x 4 m, que equivalen a 625 plantas por hectárea.

En Paraguay, el cultivo del piñón manso no es muy conocido, a pesar de ser una planta nativa. Sin embargo, posee un interesante potencial para la producción de biodiésel, por su alto porcentaje de aceite contenido en sus semillas, entre otras cualidades. Otro factor que resulta atractivo de este cultivo es que, una vez establecido, no requiere de mucha mano de obra y cuidados, debido a su rusticidad y bajos requerimientos en cuanto a abono y control de plagas y enfermedades, por lo que resultaría una alternativa para la diversificación de la finca.

5.2.2. Fuentes potenciales de origen animal

La obtención de biocombustibles a partir de grasas animales es una opción más que interesante para los frigoríficos, en vista de que aumentan el valor y utilidad de subproductos marginales como el sebo.

Inicialmente la producción de biodiésel a partir de grasa animal se realizó de forma experimental, ya que no existían reglamentación ni normas de calidad para su uso en forma comercial.

Debido a que la utilización de biodiésel mezclado con diésel derivado de petróleo ha sido reglamentada y se ha establecido un porcentaje de mezcla de hasta 5%, actualmente se ha incentivado su producción con fines comerciales.

5.2.3. Otras fuentes potenciales

- *Aceites recuperados de frituras*

Los aceites recuperados de frituras representan una alternativa para la producción de biodiésel. Actualmente se cuenta con una disponibilidad de aproximadamente 400 toneladas al año.

- *Aceites ácidos*

Los aceites ácidos constituyen otro producto utilizable como materia prima para la elaboración del biodiésel, de los cuales se dispone aproximadamente de 10 000 toneladas por año. Se encuentran principalmente en la pulpa del coco (*Acrocomia totai*) que posee alrededor de 65% de ácidos grasos libres (AGL) y en el aceite contenido en la semilla de algodón, el cual posee 30% de AGL.

5.2.4. Área potencialmente cultivable

En el país no se cuenta con una zonificación productiva por rubro, por lo que resulta difícil estimar el área potencialmente cultivable de oleaginosas, así como de otros rubros.

En la Región Oriental de Paraguay, donde se encuentra el 100% de la producción de los principales rubros agrícolas, existen 7200 miles de hectáreas con aptitud agrícola, de las cuales actualmente están destinadas al uso agrícola 3878 miles de hectáreas y 3322 miles con potencial agrícola destinadas a otros usos, como pasturas y barbechos. Parte de estas tierras podrían ser utilizadas para cultivos energéticos, sin comprometer los bosques ni la seguridad alimentaria del país, como se muestra en el Cuadro 4.11 para una base de referencia de esta región.

Cuadro 4.11. Paraguay. Principales usos de la tierra en la Región Oriental. Zafra 2005-2006

Categorías	Superficie (miles de ha)	Participación (porcentaje)
Tierra agrícola en uso actual	3878	53,9
Pasturas y barbecho	3322	46,1
Tierras con aptitud agrícola	7200	100,0

Fuente: MAG 2007b, Dirección General de Planificación.

En la Región Occidental, cuya extensión de 245 220 km² corresponde al 61% del territorio nacional, se podría desarrollar para el aprovechamiento agroenergético. Específicamente, los suelos no aptos para cultivos tradicionales podrían ser utilizados con fines energéticos, con incorporación de rubros agrícolas potenciales como el sorgo, la jatrofa y la moringa, adaptados a las condiciones agroecológicas de la región.

En el Cuadro 4.12 se listan los principales rubros agrícolas que ocupan las tierras. Se resaltan con color los cinco rubros con potencial para producir aceite para biodiésel (soja, algodón, maní, sésamo y tártago).

Cuadro 4.12. Paraguay. Superficie de siembra de los principales rubros agrícolas en la Región Oriental de Paraguay.

Cultivo	Superficie (miles de ha)
1. Soja	2 200
2. Maíz ^{1/}	410
3. Algodón	245
4. Mandioca	300
5. Trigo ^{2/}	365
6. Poroto	85
7. Caña de azúcar	75
8. Maní	37
9. Girasol ^{2/}	45
10. Arroz c/ riego	42
11. Tabaco	8
12. Sésamo	56
13. Tártago	10
Total	3878

Notas: 1/ Incluye maíz zafrina del año 2006.

2/ Intención de siembra en el año 2006.

Fuente: MAG 2007b, Dirección General de Planificación.

- 1. Producción de biodiésel**
 - 1.1. *Costos de producción de biodiésel*
- 2. La materia prima. La producción de aceite**
 - 2.1. *Soja*
 - 2.2. *Girasol*
 - 2.3. *Costos promedio de producción de la materia prima*
- 3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiesel**
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel*

Sector público. Políticas y marco regulatorio

 - 3.3. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 3.4. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel*
- 4. Aspectos potenciales**
 - 4.1. *El consumo de diésel*
 - 4.2. *Posibilidades de aumentar la oferta del biodiésel*

1. Producción de biodiésel

En el período 2000 – 2002, en el marco de una relación de precios de materias primas favorables (por bajos precios de aceite y creciente subida del petróleo), comenzaron a instalarse algunas plantas de elaboración de biodiésel de pequeña escala. De acuerdo con IICA *et al.* 2009, ese proceso se detuvo por dos razones principales:

- a. Inexistencia de un marco normativo para regular esa actividad.
- b. Deterioro de la relación entre las materias primas y el incremento de los precios de los aceites.

²² Se extiende un agradecimiento a los técnicos de la Comisión de Biocombustibles de ANCAP, especialmente a Ing. Agr. Ricardo Macedo, Ing. Manuel González e Ing. Gaspar García.

No obstante, se instalaron en ese período cinco o seis plantas que comenzaron a elaborar biodiésel a partir de diversas materias primas. La principal fue el sebo vacuno y en segundo término los granos oleaginosos. Se observó una reducida experiencia con aceites reciclados.

Actualmente se produce biodiésel a partir de soja, girasol y sebo vacuno, pero en niveles aún no significativos y con dos grandes desafíos por delante para las empresas productoras de biodiésel en función de la nueva reglamentación: a) alcanzar el mínimo de calidad exigido por la norma UNIT 1100:2005; y b) aprobar las habilitaciones y análisis requeridos.

Por otra parte, se desarrollan investigaciones del cultivo colza o canola en las instalaciones del INIA y en predios privados ubicados en zonas tradicionalmente agrícolas.

En el caso del ricino, no se han reportado prácticas de cultivo comercial de esta especie, aunque se conocen experiencias aisladas realizadas por productores agropecuarios innovadores a instancias individuales (PROCISUR E IICA 2007).

La empresa pública de combustibles, ANCAP, será un importante protagonista de la producción de biocombustibles, por su decisión de autoabastecerse en sus compromisos de mezcla. En el caso del biodiésel, se abastecerá de materia prima (aceite o sebo vacuno) de proveedores nacionales, donde se le dará un privilegio especial a la oferta proveniente de la agricultura familiar.

ANCAP ha anunciado su decisión de instalar una planta de elaboración de biodiésel en la parte sur del país para asegurar su abastecimiento ante la obligación de mezcla que impone el nuevo marco legal, del orden de los 16 mil m³ de biodiésel para el año 2009. A su vez, desarrollará un espacio de actuación para emprendimientos de menor escala, de 4 mil litros /día de biodiésel, como lo establece el marco normativo al margen del monopolio de ANCAP.

El Cuadro 5.1 muestra el rendimiento de biodiésel obtenido por hectárea para diferentes fuentes de aceite vegetales de acuerdo con un informe presentado por la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNET) del Ministerio de Industria, Energía y Minas (MIEM).

Cuadro 5. 1. Uruguay. Rendimiento de biodiésel por hectárea, según la materia prima.

Cultivo	Rendimiento (litros de biodiésel/ha)
Soja	420
Girasol	890
Colza	1100
Ricino	1320

Fuente: MIEM 2005.

1.1. Costos de producción de biodiésel

De acuerdo con los técnicos de la Comisión de Biocombustibles de ANCAP, la estructura de costos de una industria de biodiésel en Uruguay incluye:

Para plantas chicas (de una capacidad inferior a 10 000 t/año), los costos variables (reactivos, energía, entre otros) se estiman en 140U\$/t, con una amortización de 30 U\$/t y costos fijos que rondan el 10% de los costos totales.

Dentro de los costos variables, la materia prima (sebo o aceite) representa aproximadamente el 85-90% de ese monto.

Para plantas grandes (de una capacidad mayor a 50 000 toneladas/año), los costos variables (reactivos, energía, entre otros) se estiman en 90U\$/t, con una amortización de 20U\$/t y costos fijos que rondan el 5% de los costos totales. Este porte de empresa no existe actualmente en Uruguay.

2. La materia prima. La producción de aceite

Como se señaló antes, la incipiente producción de biodiésel en el país se basará en el aceite proveniente de dos fuentes: a) vegetales, que incluyen cultivos como soja y girasol; y b) animal, que corresponde al sebo vacuno. Actualmente se estudia la producción de biodiésel a partir del aceite de colza-canola y ricino.

2.1. Soja

La soja mantiene un proceso de expansión ininterrumpido por diez años. En la última campaña acumuló prácticamente el 75% del área total de verano. La producción, estimada en aproximadamente a un millón de toneladas, constituye un récord histórico que se atribuye al crecimiento del área, ya que el rendimiento medio obtenido es similar al de la zafra anterior y, a su vez, se ubica por debajo del promedio del último decenio.

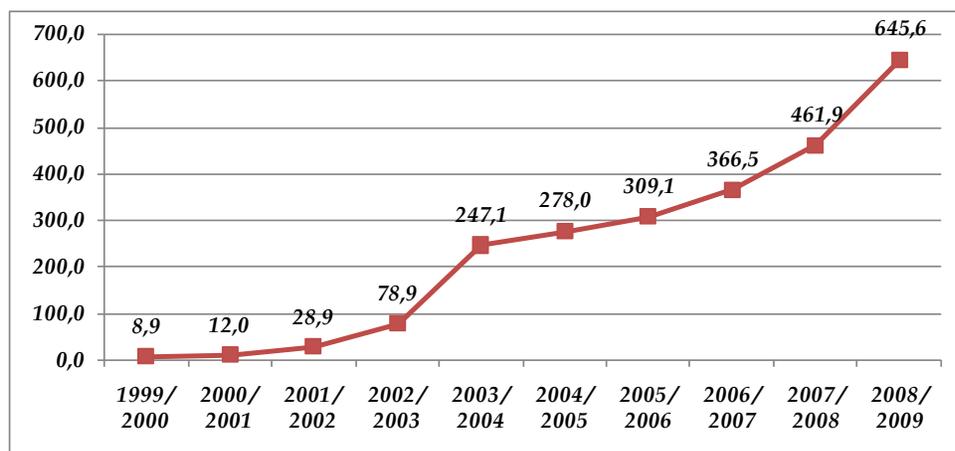
Cuadro 5. 2. Uruguay. Desempeño agrícola del cultivo de soja 1999-2000 / 2008-2009.

Año	Área sembrada		Producción		Rendimiento	
	Miles de ha	Prom. ⁽¹⁾ = 100	Miles ton	Prom. ⁽¹⁾ = 100	t/ha	Prom. ⁽¹⁾ = 100
1999-2000	8,9	3,8	6,8	1,6	0,764	41,6
2000-2001	12,0	5,1	27,6	6,3	2,300	125,2
2001-2002	28,9	12,2	66,7	15,3	2,308	125,6
2002-2003	78,9	33,3	183,0	42,0	2,319	126,2
2003-2004	247,1	104,3	377,0	86,6	1,526	83,0
2004-2005	278,0	117,3	478,0	109,8	1,719	93,6
2005-2006	309,1	130,5	631,9	145,2	2,044	111,3
2006-2007	366,5	154,7	779,9	179,2	2,128	115,8
2007-2008	461,9	195,0	772,9	177,6	1,673	91,1
2008-2009	577,8	243,9	1 028,6	236,3	1,780	96,9

Nota: (1) Corresponde al promedio del último decenio.

Fuente: MGAP 2009.

Figura 5.1. Uruguay. Desempeño de la superficie de siembra de soja en los ciclos 1999-2000 / 2008-2009.



Fuente: MGAP 2009.

Según MGAP y DIEA (2009), la intención de siembra de soja aumentaría a las 669,6 miles de hectáreas a para el ciclo agrícola 2009-2010.

2.2. Girasol

En relación con el girasol, se registra un aumento del área con respecto a la zafra pasada, en la que se alcanzó un nivel que no se lograba desde la campaña 2005-2006.

Cuadro 5.3. Uruguay. Desempeño agrícola del cultivo de girasol en los ciclos 1999-2000 / 2008-2009.

Año	Área sembrada		Producción		Rendimiento	
	Miles ha	Prom. ⁽¹⁾ = 100	Miles ton	Prom. ⁽¹⁾ = 100	t/ha	Prom. ⁽¹⁾ = 100
1999-2000	50,2	62,9	33,3	32,3	0,663	51,3
2000-2001	48,1	60,3	57,1	55,4	1,187	91,9
2001-2002	108,5	136,0	150,3	145,8	1,385	107,2
2002-2003	176,0	220,6	234,0	227,0	1,330	102,9
2003-2004	110,6	138,6	177,0	171,7	1,600	123,9
2004-2005	118,0	147,9	150,5	146,0	1,275	98,7
2005-2006	58,8	73,7	80,6	78,2	1,371	106,1
2006-2007	38,5	48,2	43,1	41,8	1,120	86,7
2007-2008	34,0	42,7	54,2	52,6	1,594	123,4
2008-2009	55,1	69,1	50,6	49,1	0,918	71,1

Fuente: MGAP 2009.

2.3. Costos promedios de producción de la materia prima

De acuerdo con Sáder (2007), los costos agrícolas de los cultivos de soja y girasol muestran un aumento sostenido de los costos en dólares. Ese aumento estuvo asociado a la conjunción de la disminución del tipo de cambio nominal, inflación doméstica, aumento de los salarios y aumento de los combustibles (el aumento del precio del gasoil en dólares fue de 85% entre 2003 y 2007).

Esta situación evidencia que dichos cultivos son sensiblemente afectados en los costos de producción, debido a la característica inherente de uso intensivo de insumos, particularmente aquellos rubros dependientes del combustible y de los agroquímicos (Cuadros 5.3 y 5.4).

No obstante, se muestra un incremento significativo del margen bruto en dólares para estos cultivos, pues el aumento combinado de los precios de los productos y de los rendimientos fue mayor que el aumento de los costos.

Cuadro 5.4. Uruguay. Ingreso, costo y margen bruto de la producción de soja (US\$/ha).

Año agrícola	Ingreso	Costo	Margen bruto
2001-2002	n/d	n/d	n/d
2002-2003	n/d	n/d	n/d
2004-2005	327	232	95
2005-2006	399	274	124
2006-2007	570	290	280
2007-2008	729	460	269

Fuente: MAGP y OPYPA.

Cuadro 5.5. Uruguay. Ingreso, costo y margen bruto de la producción de girasol (en dólares estadounidenses/hectárea).

Año agrícola	Ingreso	Costo	Margen bruto
2001-2002	280	191	89
2002-2003	231	160	71
2003-2004	n/d	n/d	n/d
2004-2005	237	215	22
2005-2006	293	238	56
2006-2007	315	253	62

Fuente: MAGP y OPYPA.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Iniciativas públicas o privadas

Con la promulgación de la Ley n.º 17 567 de noviembre del 2002, se fueron creando en Uruguay múltiples empresas productoras de biodiésel y coproductos de pequeño y mediano porte (Lobato 2006). Dicha ley declaró de interés nacional la producción de combustibles alternativos, renovables y sustitutivos de los derivados del petróleo, en todo el territorio del país, elaborados con materia nacional de origen animal o vegetal. Sin embargo, la ley no fue reglamentada.

Luego de cinco años de libre ejercicio debido al vacío legal en esta materia, se promulgó la Ley n.º 18 195 "Fomento y regulación de la producción, comercialización y utilización de agrocombustible correspondiente a las categorías definidas". Esta ley fue reglamentada recientemente, en octubre del 2008.

En este contexto, las plantas que se fueron creando variaban desde una producción casi artesanal, con producciones de 50 a 100 litros de biodiésel diarios a partir de aceites comestibles usados y de aceites vírgenes utilizados en taxímetros, autos particulares o tractores, a una producción de escalamiento a mediana planta, entre las que se destacan:

Cuadro 5.6. Uruguay. Iniciativas de producción de biodiésel tendientes al mediano plazo.

Emprendimiento	Descripción
Montevideo - Eco-Diésel	Emprendimiento fundado en el 2000, aunque comenzó a producir a plena capacidad en el 2005, de capitales 100% uruguayos. Instalado en la ex-planta de la Compañía Bao, en el barrio La Teja. Elabora su producto a partir de sebo vacuno adquirido en el mercado local. Cuenta con una capacidad de 40 000 litros/día. Es la empresa productora de biodiésel con mayor capacidad de producción en Uruguay.
Soriano - Pinter S.A.	Ubicada en Rodó, departamento de Soriano, cuenta con una capacidad de 6000 litros/día. La materia prima que utiliza es el aceite de soja, elaborado por la misma firma. El producto obtenido lo destina a autoconsumo.
Artigas - B-Diésel	La planta tiene una capacidad de 6000 litros/día y utiliza sebo vacuno como materia prima. Sus principales clientes se encuentran en el sector rural, sobre arroceros.
Tacuarembó - Masoil	Inició actividades en junio del 2005 con capitales 100% uruguayos. Es una empresa conformada por un grupo de socios, cuya área básica de actividad es la producción agropecuaria (transportistas de ganado, arroceros, entre otros). Posee su propia flota de camiones que funcionan con 100% de biodiésel en sus tanques. La capacidad de la planta es de 4 000 litros/día. La materia prima procesada es sebo vacuno y posee un acuerdo con el Frigorífico Tacuarembó/Grupo Marfrig.

Emprendimiento	Descripción
Canelones - San Bautista	El propietario de la planta es avicultor. Los 20 camiones con los que comercializa sus aves y transporta insumos al establecimiento, así como la maquinaria que emplea, requieren 5000 litros de gasoil por semana. Esta circunstancia lo condujo a instalar una planta propia de biodiésel, cuyo montaje fue encomendado a la empresa de Tacuarembó, con una capacidad de 4000 litros por día y una inversión del orden de los US\$300 mil. El objetivo es producir para autoconsumo y el sobrante venderlo. Utiliza sebo como materia prima.
Colonia - BIOGRAN	Se inauguró en mayo del 2008 en Ombúes de Lavalle. Es el resultado de la asociación entre la Cooperativa Agraria Nacional (COPAGRAN) y capitales nacionales y argentinos. El sistema de la cooperativa integra 1000 socios productores que aportan la materia prima y demandan los productos elaborados. Cuenta, además, con 11 plantas de silos, con una capacidad de 205 000 toneladas y, a su vez, produce y comercializa 24 000 toneladas de raciones. El emprendimiento requirió una inversión de aproximadamente US\$1 millón. Su producción de combustibles se destinará al autoconsumo del sector agrícola y el alimento proteico para los ganados.

Fuente: Cooperativas Agrarias Federadas 2008; Biodiésel Uruguay s.f.; Alazraki 2006; Newsletter Conexión Tecnológica@ 2007a.

A este mercado en revolución se le sumó el interés demostrado por los Estados Unidos como importador del biodiésel nacional en febrero del 2007 (Newsletter Conexión Tecnológica@. 2007b) y la formación de la Cámara de Productores de Biodiésel en mayo del 2007, integrada por los productores industriales de biodiésel, cuyas plantas se describieron en el Cuadro 5.6 anterior²³.

La Ley n.º 18 195 de noviembre del 2007, en su artículo 7, encomienda a ANCAP la incorporación de biodiésel (B100) en una proporción de hasta un 2% sobre el volumen total de la mezcla hasta el 31 de diciembre de 2008, de un 2% como mínimo obligatorio entre el 1º de enero de 2009 y el 31 de diciembre de 2010, y de un 5% a partir del 1º de enero de 2012. De acuerdo con cálculos realizados por una firma consultora, el 2% de mezcla corresponde a 16 000 t/año y el 5% a 47 000 t/año.

Para Souto (2006), la ANCAP es el ente autónomo creado en octubre de 1931 (Ley n.º 8764) con el cometido de explotar y administrar el monopolio del alcohol y carburante nacional; importar, rectificar y vender petróleo y sus derivados; y fabricar “pórtland”. Cuenta con una Comisión de Biocombustibles formada por técnicos dedicados específicamente a los emprendimientos en biodiésel y etanol que posee la institución, y un Programa de Biocombustibles, cuyos objetivos se mencionan a continuación:

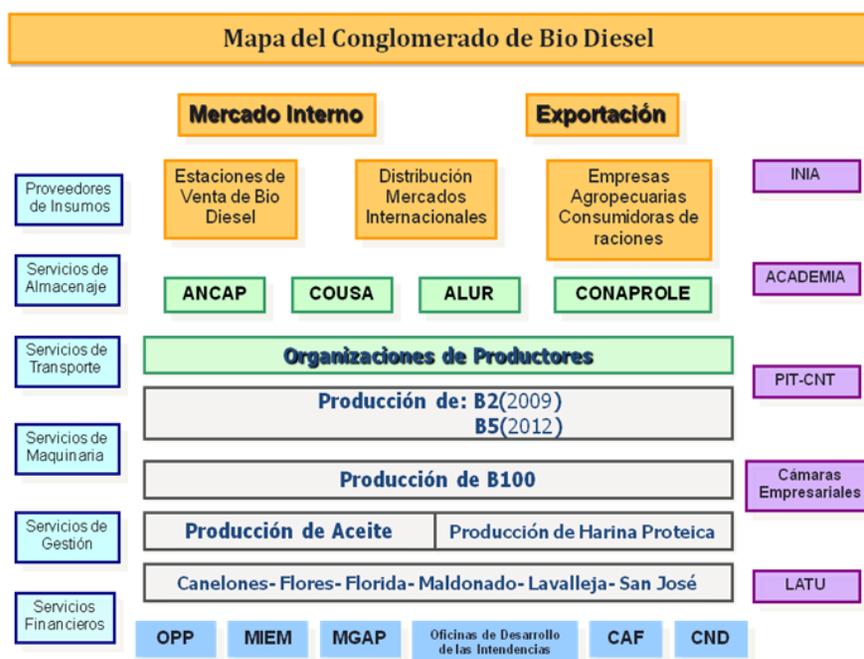
- a. Crear, reconquistar, ampliar y mejorar, desde el punto de vista social, los puestos de trabajo rural, especialmente en las áreas deprimidas, social y económicamente, dignificar el trabajo y elevar la calidad de vida de agricultores y trabajadores.

²³ Cámara de Productores de Biodiésel del Uruguay <http://www.camarabd.org.uy/>

- b. Reducir la cuenta de petróleo mediante la sustitución progresiva de combustible de gasolinas y gasoil por etanol y biodiésel.
- c. Contribuir a la reducción de contaminación ambiental (...) mediante la disminución de los efectos nocivos sobre la salud humana y la reducción del “efecto invernadero”.
- d. Diversificar la matriz energética.
- e. Ubicar a ANCAP en una posición estratégicamente mejor frente a los futuros energéticos.

Con el fin de dar cumplimiento las normas mínimas exigidas por Ley, tanto en calidad como en cantidad, ANCAP junto a Alcoholes del Uruguay S.A. (ALUR), Cooperativa Nacional de Productores de Leche (CONAPROLE) y Compañía Oleaginosa Uruguaya S.A. (COUSA) organizaron el “conglomerado del biodiésel del área metropolitana” desde fines del año 2007, de articulación público-privada. Con ello se intenta sumar capacidades y competencias que contribuyan a mejorar la competitividad de esta cadena de valor.

Figura 5.2 Uruguay. Mapa del conglomerado de biodiésel.



Fuente: Guchin 2008.

El proyecto incluye cinco ideas fuerza que se describen a continuación:

- a. Asegurar el grano para la producción de biodiésel y proteína.
- b. Lograr el fortalecimiento institucional de las instituciones locales con impacto en el desarrollo y en el empleo local.
- c. Proteger el modelo agrícola que considera principalmente al mediano y pequeño productor.
- d. Participar en toda la cadena de producción promoviendo los proyectos viables basados en alianzas público-privado.

- e. Utilizar materia prima nacional adecuada a las condiciones agro-ecológicas del sur del país.

La instrumentación del programa se divide en dos etapas: la primaria y la industrial:

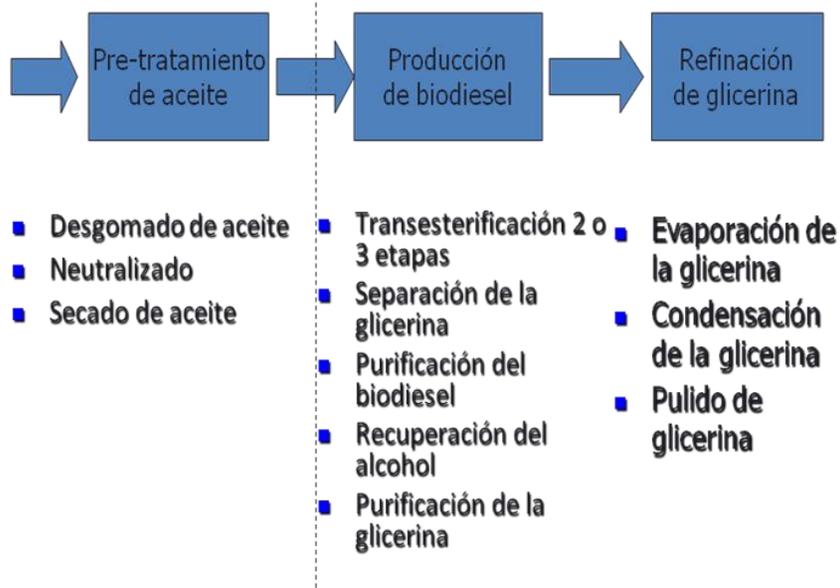
Etapa primaria. Se ha canalizado el esfuerzo a través de las instituciones y empresas de los cinco departamentos donde se cultivan el girasol y la soja. En varios de ellos se cuenta, además, con las oficinas de desarrollo de los respectivos gobiernos departamentales.

Los productores financian sus cultivos a partir de un fondo creado con aportes de la Corporación Nacional para el Desarrollo (CND), el Programa de Microcréditos de la Oficina de Planificación y Presupuesto (OPP), ALUR, el Banco de la República Oriental del Uruguay (BROU) y dos bancos privados con presencia en las localidades del programa.

Por otro lado, el ingreso que reciben está asegurado por ANCAP en relación con el grano entregado correspondiente al volumen por el precio internacional, sin ningún tipo de descuento.

Etapa industrial. El programa prevé el convenio con la compañía aceitera COUSA para producir el aceite refinado que será procesado en dos plantas modulares, una pequeña en una primera fase y otra de mayor escala en una segunda fase. Estas plantas se encargarán de la producción del biodiésel y ambas serán propiedad de ALUR. El sistema está diseñado para la producción de girasol y soja, aunque se ha considerado la adaptación necesaria para incluir colza y sebo vacuno.

Figura 5.3 Uruguay. Etapas del proceso industrial.



Fuente: Guchin 2008.

El convenio con la aceitera COUSA se basa en que la empresa produce aceite con la calidad adecuada y el volumen necesario (18 millones de litros en la fase I y 57 millones en la fase II). Tiene conocimiento y experiencia en el rubro, disponibilidad en servicios (almacenamiento, vapor, energía eléctrica, laboratorios, planta de tratamiento de efluentes, agua industrial, seguridad, mantenimiento, entre otros), capacidad ociosa en *crushing* y, por último, está localizada a pocos kilómetros de la planta de ANCAP de La Teja, donde se piensa implementar el principal centro de mezcla²⁴.

En cuanto a la producción del biodiésel, la primera planta modular estaría en funcionamiento entre los años 2009 y 2010 y daría cumplimiento a la mezcla del 2% con una capacidad de 16 000 t/año. La segunda planta estaría en funcionamiento a partir del 2011 y daría cumplimiento a la mezcla del 5% con una capacidad de 50 000 t/año.

Las inversiones estimadas para poner en funcionamiento las plantas modulares de ANCAP se describen en el Cuadro 5.7:

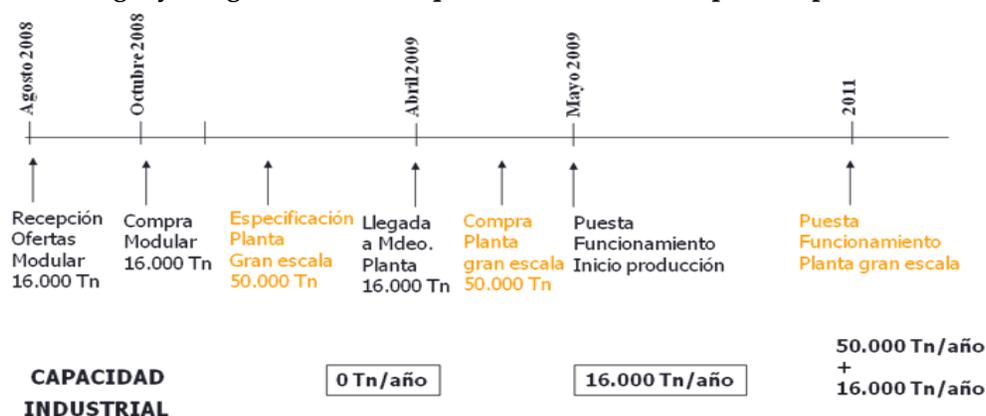
Cuadro 5.7. Uruguay. Esquema de inversiones de ANCAP para las plantas de biodiésel en dólares estadounidenses.

Primera etapa	Segunda etapa
Planta modular: 4 000 000	Planta gran escala: 13 000 000
Periféricos: 1 300 000	Periféricos: 2 400 000
Infraestructura: 600 000	Infraestructura: 800 000
Inversión total: 5 900.00	Inversión total: 16 200 000

Fuente: Guchin 2008.

La programación establecida para las adquisiciones de ANCAP se visualiza en la Figura 5.4.

Figura 5.4. Uruguay. Programación de adquisiciones de ANCAP para las plantas de biodiésel.



Fuente: Guchin 2008.

²⁴ En La Teja se produce la mayor parte del gasoil y se encuentra muy cercano al puerto de Montevideo, donde ingresan las importaciones de gasoil. El otro centro de mezcla planificado, de menor escala, se encontrará en el Departamento de Paysandú.

Otros aspectos que se deben tomar en cuenta son el control de calidad y la recuperación del metanol y la glicerina comercializable, los cuales se detallan seguidamente:

- En relación con el control de calidad, actualmente ANCAP instala el laboratorio para el control del B100 y mezclas. ALUR realizará el análisis de la calidad de las materias primas (aceite desgomado, neutralizado y seco).
- Con respecto a la recuperación del metanol y la glicerina comercializable, ambas plantas modulares la permiten. Las opciones para la utilización de la glicerina van desde su comercialización como glicerina cruda, hasta su utilización como combustible para quema en hornos de cemento. Se encuentran en estudio otros proyectos, como elaboración de plásticos (de tipo acrílico) y de bioetanol (fermentación con cepa de *E. Coli*, UBA) y la fabricación de hidrógeno (Co2 y H2).

A partir de la publicación de la Ley promulgada en el 2007, el monopolio de ANCAP queda abierto únicamente en dos situaciones:

- La producción de biodiésel con el nivel de calidad requerido por el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT), de acuerdo con la norma UNIT n.º 1100 menor a 4000 litros/día, se destina al autoconsumo²⁵ o a una flota cautiva.²⁶
- La producción de biodiésel se destina al abastecimiento de ANCAP y a la exportación.

La comercialización de los biocombustibles dentro del territorio nacional queda incluida en las potestades de ANCAP. Por ello, si las empresas comerciales no logran alcanzar el nivel de calidad exigido por la norma UNIT, no podrán vender el producto a ANCAP. Además, por ser un combustible líquido, no podrá ser comercializado libremente y solo podría ser exportado.

Actualmente las empresas nacionales que producen biodiésel se encuentran dentro del período de transición que permite el decreto. Luego deberá cumplir con la norma n.º 1100 o se les retirará de inmediato la autorización de producción. Esto les representa un gran desafío en el corto plazo.

²⁵ Se entiende por autoconsumo el consumo que realice el propio productor de biodiésel (B100) en el ámbito de su actividad empresarial.

²⁶ Se considera flota cautiva aquel conjunto de vehículos, maquinarias y equipos explotados por una unidad empresarial.

3.2. Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel

Cuadro 5.8. Uruguay. Instituciones que realizan investigación relacionada con la producción de biodiésel.

Instituto/proyecto	Descripción
<p>INIA²⁷ Evaluación y validación de materias primas (productos, subproductos y descartes) de origen agropecuario para la elaboración de biodiésel en mini plantas integradas.</p>	<p>Se encuentra en ejecución desde junio del 2006.</p> <p>Objetivo general</p> <p>Identificación y validación de materias primas (productos, subproductos y descartes) provenientes de diversos sectores de la producción agropecuaria (granjero, agrícola, ganadero) para la elaboración de biodiésel en mini plantas integradas.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de productos, subproductos y descartes, de distintos rubros agropecuarios del país, capaces de brindar aceites y grasas económicamente viables y con características adecuadas para la fabricación de biodiésel de buena calidad. - Validación y posible mejora de las actuales miniplantas de producción de biodiésel (reactores y periféricos), lo cual permita la excelencia del producto y la reducción de costos, tanto de inversión como operativos. - Difusión de los resultados obtenidos y del uso de biocombustibles. <p>Principales resultados esperados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Información de por lo menos seis materias primas de origen agropecuario en relación con su viabilidad física y económica para la producción de biodiésel. - Información sobre la calidad de las tortas resultantes del proceso de prensado para alimentación animal. - Cuantificación física y económica de los beneficios debidos a algunas externalidades resultantes del proceso de producción de biodiésel con base en las materias primas evaluadas. - D. Validación y difusión de la producción de biodiésel en miniplantas y su uso.
<p>INIA, Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (UDELAR), Facultad de Química/UDELAR, Facultad de Ingeniería/UDELAR y Facultad de Ciencias/UDELAR</p> <p>Biocombustibles líquidos a partir de cultivos no tradicionales en el Uruguay (bioetanol y biodiésel).</p>	<p>Período de ejecución: junio del 2007 a junio del 2009.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proyecto de investigación científica y/o de desarrollo tecnológico se propone estudiar los aspectos agronómicos de la producción de cultivos alternativos para la elaboración de biodiésel (ricino, colza-canola) en diferentes regiones del país dependiendo de las condiciones agroecológicas. - Se pretende estudiar también los aspectos tecnológicos vinculados a los procesos de obtención de dichos biocombustibles. En el caso del biodiésel se diseñará los procedimientos para la eficiente conversión de los aceites y se determinará las características de los diferentes tipos de productos. - Se evaluará el impacto de la cadena de producción sobre aspectos ambientales (ej. análisis de ciclo de vida), económicos (por ejemplo, rentabilidad) y sociales (ej. empleo, desarrollo local).

Fuente: UDELAR e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria 2009.

²⁷ Texto completo disponible en http://www.inia.org.uy/gras/cc_cg/biocombustibles/proyecto_biodiésel_INIA-GRAS.pdf

4. Sector público. Políticas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

Desde la asunción del nuevo gobierno, la DNE del MIEM se abocó a la elaboración de la política energética del país y del proyecto de Ley promulgado en noviembre del 2007. Actualmente trabaja intensamente en el borrador de decreto de dicha ley.

Una de las iniciativas fue la creación en el 2005 de la Comisión Interministerial de Biocarburantes, integrada por representantes del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el MIEM, el MGAP, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), la OPP y la ANCAP, con el cometido de asesorar a las autoridades acerca del marco de políticas públicas relativas a la producción y uso de biocombustibles.

Además, se crearon dos grupos de trabajo, uno de biodiésel y otro de alcohol carburante, con el objetivo de generar insumos técnicos que sirvan de apoyo a los trabajos de esa comisión. Estos grupos están integrados por técnicos de la DNETN-MIEM, de la OPYPA como representante del MGAP, de la ANCAP, del INIA y de las facultades de Agronomía, Química e Ingeniería de la Universidad de la República.

Ambos grupos de trabajo analizaron las alternativas de uso de materias primas, uno para la producción de alcohol (caña de azúcar, sorgo azucarado, residuos de la industrialización de la madera, entre otros), y otro para la producción de biodiésel (soja, girasol, canola, grasa vacuna, aceites reciclados y otros).

Asimismo, dentro del documento “Lineamientos de estrategia energética - Uruguay 2006” (MIEM 2006) del 18 de agosto del 2006 de la DNE/MIEM, se identifica como objetivo y línea de acción en el cuarto punto el “avance significativo en la incorporación de fuentes alternativas de energía (en especial biocombustibles, así como la generación eólica y con biomasa).

“... la priorización de las fuentes de energía que empleen mayor mano de obra e igualdad de costo al consumidor, la utilización de fuentes dinamizadoras de la economía nacional, la diversificación de las fuentes y la articulación con la idea de “país productivo”, en un marco de desarrollo sustentable. Deberá priorizarse el uso de biocombustibles en la matriz energética nacional, estableciéndose un plan progresivo de metas de porcentajes del consumo total de energía proveniente de estas fuentes y los instrumentos para el logro de dichos objetivos, así como de proporcional reducción de los combustibles fósiles importados como energéticos...”

Por último, la ANCAP, ente autónomo creado en octubre de 1931 (Ley n.º 8 764) con el cometido de explotar y administrar el monopolio del alcohol y carburante nacional y de importar, rectificar y vender petróleo y sus derivados y de fabricar *portland* cuenta con un programa de biocombustibles y un conglomerado. Además, participará de la cadena de producción de biodiésel y proteína con dos plantas modulares.

Todas estas iniciativas dejan de manifiesto el interés del gobierno de implementar políticas de apoyo a la producción de biodiésel.

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

En octubre del 2002, se promulgó la Ley n.º 17 567²⁸ del 20 de octubre del 2002). Se publicó en el diario oficial el 29 de octubre del mismo año, donde se declaró de interés nacional la producción, en todo el territorio del país, de combustibles alternativos, renovables y sustitutivos de los derivados del petróleo, elaborados con materia nacional de origen animal o vegetal.

Dicha ley compete al Poder Ejecutivo a través del MIEM, el MGAP y el MVOTMA, junto a representantes de la ANCAP. Todos analizarán la viabilidad, requerimientos, exigencias y régimen jurídico para el desarrollo de la producción, distribución y consumo de biodiésel en el país. Sin embargo, esta ley no fue reglamentada posteriormente.

Por otra parte, en noviembre del 2007, se promulgó la Ley n.º 18 195 "Fomento y regulación de la producción, comercialización y utilización de agrocombustibles correspondiente a las categorías definidas".²⁹

Los objetivos de dicha ley son fomentar y regular la producción, comercialización y utilización de agrocombustibles; reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los términos del protocolo de Kioto; fomentar las inversiones; desarrollar la tecnología asociada a la utilización de insumos y equipos de origen nacional; fortalecer las capacidades productivas locales, regionales y de carácter nacional; y lograr la participación de pymes de origen agrícola o industrial mediante la generación de empleo, el fomento del equilibrio entre la producción y el cuidado del medio ambiente asociados a criterios de ordenamiento territorial y la seguridad del suministro energético interno.

En el artículo n.º 3 se establece que quedan excluidas del monopolio de ANCAP únicamente la producción y la exportación de biodiésel.

Quedan autorizadas la producción de biodiésel para autoconsumo y flotas cautivas realizadas por el propietario o persona física o jurídica que explota la flota cautiva, pero con un tope de 4 000 litros/día. Además, deben cumplir con la norma UNIT n.º 1100 y se prohíbe la comercialización de dicha mezcla a terceros.

La comercialización interna solo se autoriza en dos casos:

- A las empresas comerciales que deseen abastecer a ANCAP (con el tope de producción de 4000 litros/día y la obligación de cumplir con el nivel de calidad requerido por la norma UNIT n.º 1100).
- A ANCAP para que cumpla con los mínimos de mezcla que se explican a continuación:

²⁸ Disponible en <http://www.parlamento.gub.uy/Leyes/Ley17567.htm>

²⁹ Disponible en http://www.presidencia.gub.uy/web/leyes-2007/11/CM360_19%2010%202007_00002.PDF

En el artículo n.º 7 se encomienda a ANCAP incorporar biodiésel (B100) producido en el país con materias primas nacionales y que cumplan con las previsiones contenidas en la norma UNIT n.º 1100 en una proporción de hasta un 2% sobre el volumen total de la mezcla entre dicho producto y el gasoil de uso automotor que se comercialice internamente hasta el 31 de diciembre del 2008. Dicha proporción constituirá un mínimo obligatorio a contar hasta el 31 de diciembre del 2011; a partir del 1º de enero del 2012, el mínimo se elevará a 5%.

El 27 de octubre del año 2008 entró en vigencia el Decreto n.º 523/008 que reglamenta la Ley anteriormente citada³⁰. Dicho decreto obliga a las plantas industriales a cumplir con una lista de requisitos de información y documentación para obtener la autorización de producción de la DNETN/MIEM³¹.

Esta autorización será inscrita en el Registro de Productores de Empresas Autorizadas a Producir Biodiésel y Alcohol Carburante de la DNETN/MIEM. Para tramitar las exenciones impositivas previstas en la ley, será necesario un certificado de registro emitido por esta dirección.

Por otro lado, los productores con plantas instaladas a la fecha de publicado el decreto en el diario oficial tienen 60 días para formular la solicitud y deberán cumplir con todos los requisitos, salvo los resultados analíticos de una muestra de biodiésel que indique el cumplimiento total de la norma UNIT n.º 1100. Para este requisito, tendrán seis meses luego de otorgada la autorización de producción para demostrarle a la DNETN/MIEM el cumplimiento total de las exigencias de la norma UNIT n.º 1100; de lo contrario, se le retirará de inmediato la autorización de producción y se eliminará del registro.

Es obligatorio cumplir con la norma UNIT n.º 1100 luego del período de transición, ya sea para el autoconsumo o la comercialización.

5. Aspectos potenciales

5.1. El consumo de diésel

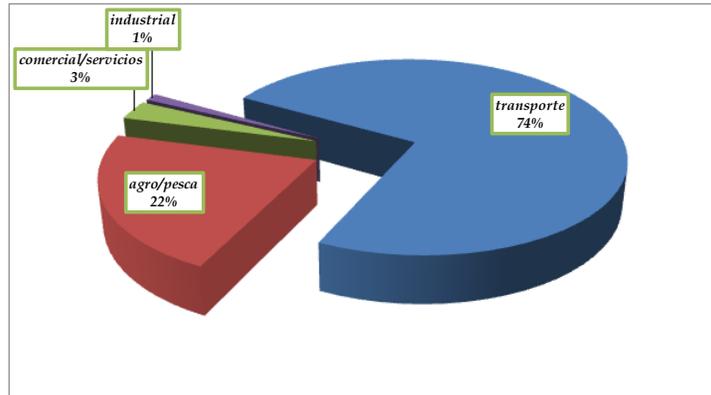
Los registros de ventas de diésel o gasoil a estaciones de servicio provistos por la ANCAP, evidencian que el sector transporte constituye el principal componente de consumo, el cual alcanza una participación del 74% con respecto al consumo total de este combustible fósil, para el año 2007 (Figura 5.5).

³⁰ Si desea visualizarlo puede dirigirse a http://www.presidencia.gub.uy/_web/decretos-2008/10/267_00001.PDF

³¹ La información y documentación corresponde los siguientes puntos: a) solicitud del titular o representante (persona física o jurídica); b) designación del responsable técnico de la planta; c) inscripción en la base de datos de agentes vinculados a la producción y comercialización de agrocombustible de la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA); d) especificación de capacidad máxima diaria de producción incluidos los turnos; e) presentar los acuerdos de comercialización; f) declaración de autoconsumo con detalle de vehículos, equipos o maquinarias que integren la flota cautiva; g) resultados analíticos de una muestra de biodiésel que indique el cumplimiento total de la norma UNIT n.º 1100; h) autorización o constancia de estado de situación de la DINAMA; i) habilitación del gobierno municipal; j) habilitación Dirección Nacional de Bomberos.

El segundo componente o sector de consumo de diésel es la agricultura, que representa un 22% del total de consumo de este combustible. Esto demuestra que las actividades agrícolas son intensivas en el uso de petróleo.

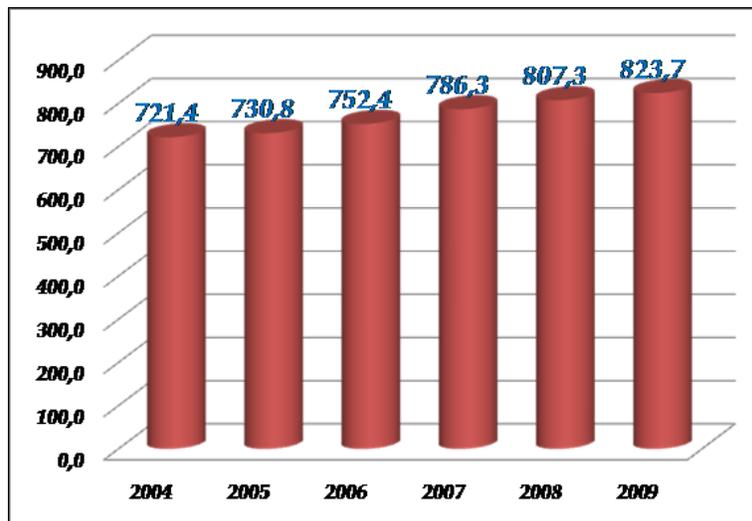
Figura 5.5. Uruguay. Composición del consumo final energético de gasoil (2007 = 787,6 ktep).



Fuente: MIEM 2008.

Las ventas de diésel o gasoil en estaciones de servicio han mostrado un crecimiento sostenido para el período comprendido entre el 2004 y el 2007, y han registrado una tasa media anual de crecimiento del 2,9%, como se puede observar en la Figura 5.6.

Figura 5.6. Uruguay. Ventas de gasoil en estaciones de servicio en el período 2004 - 2009 (millones de litros).



Nota 1: Ventas a junio del 2009.

Fuente: MIEM 2009.

5.2. Posibilidades de aumentar la oferta del biodiésel

Con base en Souto (2006) Uruguay cuenta con grandes extensiones de tierras aptas para cultivar una variedad de oleaginosas capaces de brindar materia prima para biocombustibles de alta calidad, de carácter renovables y que perfectamente pueden ocupar un nicho en la matriz energética del Uruguay. Asimismo, la disponibilidad de una serie de subproductos de la producción agropecuaria, como el descarte de cosechas de granos oleaginosos (soja y girasol principalmente), el afrechillo de arroz, la semilla de uva remanente luego del proceso de fabricación de bebidas alcohólicas o la grasa remanente de la faena animal, entre otros, permiten pensar en su potencial utilización para la fabricación de biodiésel.

La producción de biodiésel también puede inducir al desarrollo de otras agroindustrias. Como ejemplo, basta mencionar la potencial incidencia en la cadena de producción de carne, a partir de las tortas resultantes del proceso de prensado de la materia prima para la extracción de aceite.

Otro elemento esencial por considerar es el posible procesamiento de la glicerina remanente del proceso de producción de biodiésel, para algunas de sus más de 1600 aplicaciones en la cosmética, medicina, entre otros. Aproximadamente el 12% en peso de la producción de biodiésel es glicerol y hoy Uruguay importa todo el que consume.

Por otra parte, Uruguay cuenta con una oferta de soja y girasol, mayoritariamente destinada a la exportación, muy superior a la necesaria para cumplir con los mínimos exigidos por la Ley.

El volumen de biodiésel necesario se calcula que es atendido con la industrialización del 59% del girasol o del 41% de la soja producida en el país. La limitación es la relación de precios existente entre el petróleo y las oleaginosas. Esto impediría que se logran resultados positivos de forma genuina, por lo que se requeriría transferencias.

Superado este aspecto, aún queda otro por analizar: la baja oferta nacional de aceites vegetales. La industria nacional apenas atiende entre el 50% y el 60% de la demanda doméstica de aceites comestibles, el resto se importa. Esto es equivalente a un 35% - 40% de utilización de la capacidad instalada de molienda.

Si se lograra obtener la materia prima a un costo competitivo, el procesarla para generar biodiésel podría reducir la capacidad ociosa y generaría ganancias de competitividad por la reducción de los costos medios de elaboración. Asimismo, daría lugar a incrementos en la oferta de harinas proteicas que actualmente se importan y tienen una demanda creciente. Esto permitiría mejorar el desempeño competitivo de las cadenas agroindustriales de la producción animal.

La producción de biodiésel podría ser soporte de la expansión agrícola en la medida que diera lugar a la incorporación de nuevos puntos de demanda para los granos oleaginosos. Actualmente, Nueva Palmira y Montevideo son los puntos de mayor demanda de los oleaginosos, el primero para la exportación y el segundo para la industria aceitera. Por tanto, la

instalación de plantas productoras de biodiésel en otros sitios puede viabilizar la producción de granos oleaginosos en localizaciones remotas, que cuenten con la calidad de recursos y la infraestructura adecuadas. Dichos lugares deberían ser mercados demandantes tanto del biodiésel como de las harinas proteicas resultantes del proceso de extracción del aceite.

Finalmente, también se abren oportunidades interesantes para la cadena cárnica a partir del sebo vacuno. Este subproducto de la industria de la carne es utilizado como materia prima de muchas industrias, como en la de alimentación, de cosméticos, científica y energética. Aproximadamente entre el 20% y el 50% del peso de cada vacuno, integrado por huesos, vísceras y sebo, no es apto para el consumo humano. Las procesadoras cocinan esos desechos para convertirlos en materia prima de alimentos concentrados para animales, de empresas de cosmética y de lubricantes³².

Su uso para biodiésel permitiría el aprovechamiento de este subproducto en forma de sebo “fundido”. El volumen de las exportaciones de los últimos años es suficiente para cubrir las necesidades de materia prima requeridas por las metas de mezcla de biodiésel que propone el marco legal. En el período 2000 – 2005, se exportó un volumen promedio de casi 45 mil toneladas por año sin ningún valor agregado.

Sin embargo, habría que mejorar el aspecto fiscal, dado que los emprendedores locales deben pagar el impuesto al valor agregado (IVA) por el sebo adquirido, mientras que el sebo exportado no abona el tributo y recibe a su vez un reintegro del 2%. El destino de este subproducto es Brasil, donde es utilizado para la producción de jabones que luego se exportan a Uruguay, cuyos consumidores los compran con ese gravamen incorporado (Alazraki 2006), además del valor agregado en el proceso.

Además, el sebo constituye la materia prima de menor costo, un 30% a 40% más barato que el aceite de soja. Este aspecto es fundamental para compensar ciertas desventajas que incorpora en el proceso de elaboración y en el propio uso del combustible: un alto punto de solidificación que dificulta su procesamiento y uso en regiones o períodos del año con bajas temperaturas ambientales e inestabilidad.

En cuanto a la colza-canola, su potencialidad de producción es alta, ya que se ubica en el esquema de rotación de girasol y soja sin limitantes. Solo faltaría ajustar el paquete tecnológico (siembra, control de maleza, cosechas, entre otros). En el programa de ANCAP, se prevé que COUSA disponga también de maquinaria para la molienda de colza-canola como alternativa al girasol y la soja.

³² “La producción de sebo vacuno aún hoy es considerada un negocio menor” Artículo extraído de economía & mercado de el país agropecuario del 16/10-2006. Datos disponibles en http://www.elpais.com.uy/Suple/EconomiaYMercado/06/10/16/ecoymer_242447.asp

- 1. La producción de biodiésel**
- 2. La materia prima. La producción de aceite**
 - 2.1. Principales fuentes vegetales de aceite*
 - 2.1.1. Soya*
 - 2.1.2. Girasol*
 - 2.1.3. Maní*
 - 2.1.4. Sésamo*
 - 2.2. Costos promedio de producción de la materia prima*
 - 2.2.1. Soya*
 - 2.2.2. Girasol*
- 3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel**
 - 3.1. Institutos de investigación y desarrollo*
- 4. Sector público. Políticas y marco regulatorio**
 - 4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.1.1. Sector público*
 - 4.1.2. Sector privado*
 - 4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel*
 - 4.3. Otros aspectos relevantes para el fomento de la producción de biodiésel*
- 5. Aspectos potenciales**
 - 5.1. El consumo de diésel*
 - 5.2. Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel*
 - 5.3. Fuentes potenciales de aceite*
 - 5.4. Producción estimada y potencial de biodiésel*
- 6. Instituciones vinculadas**
- 7. Sitios web consultados**

1. La producción de biodiésel

Hasta el momento no se dispone de información sobre producción comercial de biodiésel en Bolivia. Existen, sin embargo, estimaciones de costos de producción que indicarían la competitividad de la producción de biodiésel como sustituto del diésel derivado del petróleo (diésel oil).

En el Cuadro 6.1 se presenta una estimación del precio final de venta de biodiésel, el cual se puede tomar como una aproximación a su precio en el mercado boliviano. También se observa que el precio de biodiésel es un 72% más caro que el precio del diésel oil.

Cuadro 6.1. Bolivia. Estimación del precio final de venta de biodiésel.

ITEM	Diésel oil US\$/l	Biodiésel US\$/l
Precio mayorista a la salida de fábrica	0,26	0,50
Carga impositiva (ITC, IVA)	0,18	0,24
Costo de distribución ^{1/}	0,06	0,12
Precio final de venta	0,50	0,86

Nota: 1/ Incluye flete de transporte + margen de ganancia del surtidor.

Fuente: MDRAyMA. Análisis de los biocombustibles. Documento de trabajo.

Sin embargo, no fue posible conocer estimaciones de costos y precios de la industria privada, que está promoviendo la producción de biocombustibles en Bolivia, para su comparación.

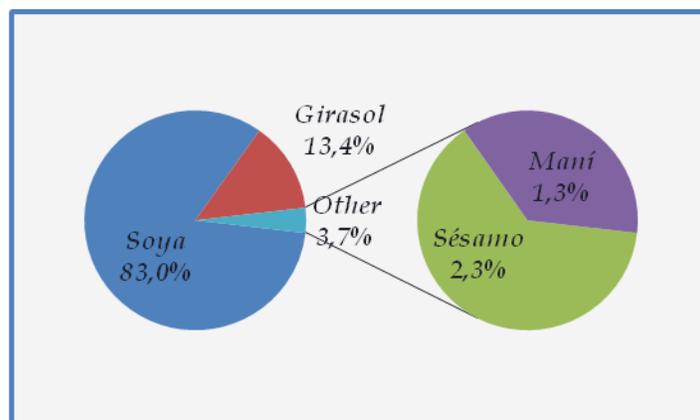
2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes vegetales de aceite

La producción de oleaginosas en Bolivia se concentra fundamentalmente en cuatro cultivos: soya, girasol, maní y sésamo (Figura 6.1), ubicados principalmente en el departamento de Santa Cruz.

Con respecto a las fuentes animales, no se reporta información referente a la producción de aceites originadas de grasas animales.

Figura 6.1 Bolivia. Participación histórica de cultivos oleaginosos en el período 2000-2007.



Fuente: Unidad de Información, Estudios y Políticas de Desarrollo Rural Sostenible, MDRA y MA.

Las áreas de sembrado de soya y de girasol se distribuyen en dos grandes zonas: integrada y de expansión, lo cual depende de la estación del año y de las condiciones de suelos. Estas zonas se detallan en los cuadros 6.2 y 6.3.

Cuadro 6.2. Bolivia. Cultivo de oleaginosas en zona integrada del departamento de Santa Cruz en el año 2004.

Subzonas	Condiciones de clima	Estación verano: invierno	Ubicación	Condiciones de los suelos
1	Norte muy húmedo	Soya: girasol	Localidad San Pedro hacia el norte, hasta Colonia Pirai.	Predominio de suelos franco - arenosos, franco - arcillo - arenoso, a arcillosos, imperfectamente drenados, con algunas áreas de inundación.
2	Noroeste muy húmedo	Soya: girasol	Oeste de Montero hasta Yapacaní.	Suelos franco - arenosos a franco - arcillo - arenosos, con drenajes imperfectos.
3	Noreste intermedio	Soya: soya, girasol y trigo	Este de la ciudad de Santa Cruz	Suelos franco - arenosos a franco - arcillo - arenosos, bien drenados, donde existen pequeñas áreas con drenajes imperfectos.
4	Central intermedio	Soya: girasol y trigo	Este de la ciudad de Santa Cruz	Suelos franco - arenosos a franco - arcillo - arenosos, bien drenados.
5	Sur seco	Soya: girasol y trigo	Sur de la ciudad de Santa Cruz hasta la localidad de Mora	Suelos franco - arenosos a franco - arcillo - arenosos, bien drenados y con presencia de complejos de dunas y bajuras.

Fuente: KREIDLER *et al.* 2004.

Cuadro 6.3. Bolivia: Cultivo de oleaginosas en zona de expansión del departamento de Santa Cruz en el 2004.

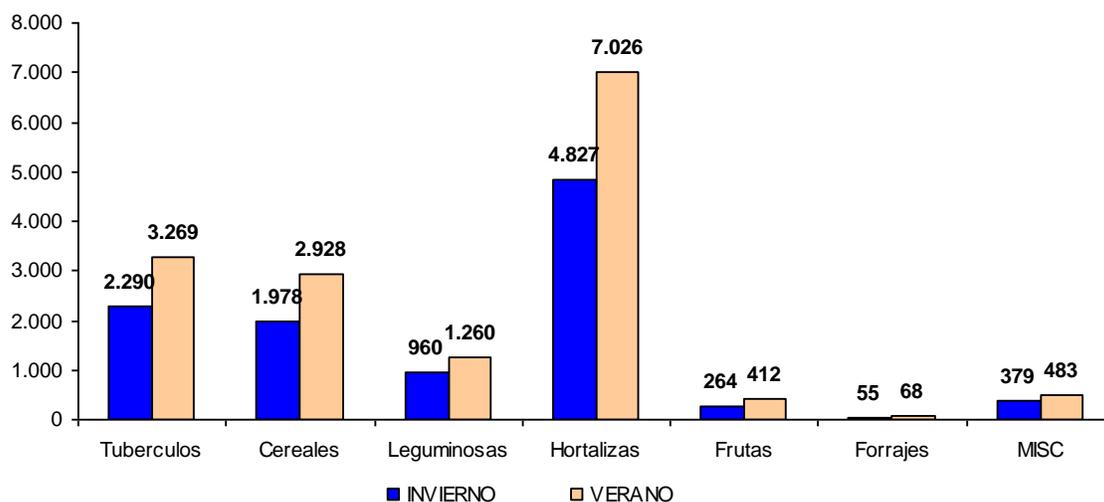
Subzonas	Condiciones de clima	Estación verano: invierno	Ubicación	Condiciones de los suelos
1	Norte húmedo	Soya: girasol y trigo	Comprendida entre la localidad de San Ramón por el norte y la colonia Menonita de Valle Esperanza por el sur.	Suelos franco - arcillo - arenosos, a arcillosos, con drenajes imperfectos.
2	Norte intermedio	Soya: girasol y trigo	Entre cuatro cañadas por el norte hasta la carretera transcontinental por el sur.	Suelos franco - arcillosos con drenajes imperfectos.
4	Pailón sur	Soya: girasol y trigo	Comprende al sur de Pailón hasta Parabanó y Campo León.	Suelos franco - limosos a franco - arcillo - limosos, bien drenados.

Fuente: Kreidler *et al.* 2004.

El área de sembrado de los cultivos oleaginosos tiene una gran extensión en comparación con las áreas dedicadas a otros cultivos. Por ello generalmente su siembra y cosecha son mecanizadas. En estas etapas de la producción, el suministro oportuno de diésel oil es de suma importancia, pues si existe escasez, retrasa estas actividades, lo que eleva los costos y afecta el rendimiento y la calidad, además de que el productor pierde la oportunidad de colocar su producto en los mercados internacionales.

No obstante, las áreas con riego en los cultivos oleaginosos son pequeñas con respecto a al área total del cultivo, tanto en la campaña de verano como de invierno, ya que la mayoría se desarrolla mediante el sistema de cultivo en condiciones de secano. En la Figura 6.2 se presenta la extensión de las áreas irrigadas, para diferentes cultivos en el departamento de Santa Cruz - Bolivia.

Figura 6.2. Bolivia. Áreas que cuentan con riego, según cultivos. Campañas de verano e invierno en el departamento de Santa Cruz (en hectáreas).



Fuente: Montenegro 2005.

La capacidad total de molienda en Bolivia alcanza las 6900 t/día para el procesamiento de oleaginosas, especialmente de soya y girasol. El Cuadro 6.4 detalla las principales características distintivas de las industrias y empresas exportadoras de oleaginosas y derivados, tales como sus capacidades instaladas, procesos y productos elaborados.

Cuadro 6.4. Bolivia. Características de las principales empresas en la industria de procesamiento y exportación de oleaginosas.

Empresa	Origen del capital	Capacidad (t/día)	Procesos	Productos	Mercado interno (%)	Mercado externo (%)	Principales destinos
ADM - SAO S.A.	Multinacional	1500	Extracción, refinación, envasados	Tortas, aceites crudos, aceites refinados de soya y girasol	20%	80%	Colombia, Perú, Venezuela, Chile, Ecuador, Brasil y Panamá
Gravetal Bolivia S.A.	Colombia	2200	Extracción	Tortas y aceites crudos de soya	0%	100%	Colombia y Venezuela
Industrias Oleaginosas	Bolivia	1600	Extracción, refinación, envasados	Tortas, aceites crudos, aceites refinados, lecitina de soya y girasol	20%	80%	Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Chile
Industrias de Aceite S.A. (IASA)	Perú y Bolivia	1500	Extracción, refinación, envasados	Tortas y aceites crudos de soya y girasol/aceites refinados y margarinas de soya y girasol	Aceite (50%), harinas (20%)	Aceite (50%), harinas (80%)	Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Chile
Granos Empresa de Servicios Agroindustriales S.R.L.	Bolivia	300	Extracción, refinación, envasados	Tortas, aceites crudos, aceites refinados de soya y girasol			
Cooperativa de Transformación Agroindustrial (ETASA)		300	Extracción, refinación, envasados	Tortas, aceites crudos, aceites refinados de soya y girasol			
CARGILL Bolivia S.A.	Multinacional	No produce. Compra				100%	Colombia y Venezuela
Desa - Intergrain S.A.	Bolivia	No produce. Compra			10%	90%	-
Productor S.R.L.	Bolivia	No produce. Compra			100%	0	
CAICO S.A.	Bolivia	No produce. Compra			50%	50%	Perú
CAISY S.A.	Bolivia	No produce. Compra			100%		

Fuente: Columnas 2 a 5, Kreidler *et al.* 2004. Columnas 6, 7 y 8 CADEX y Montenegro 2005.

2.1.1. Soya

En recientes foros sobre biocombustibles impulsados por entidades privadas en Bolivia, se estimó que la soya es el cultivo más promisorio para la elaboración de biodiésel, ya que el país cuenta con una importante área de sembrado, genera importantes excedentes y un 90% se exporta como derivados. En la actualidad, su producción está dirigida esencialmente a la exportación, como torta de soya, aceites crudos y refinados, lecitina y, en menor importancia, como grano.

Asimismo, la soya no solo posee la mayor área de cultivo del país, sino que es el producto en torno al cual se han plasmado los mayores encadenamientos entre la producción primaria, la industria y la exportación. Además, posee una fuerte institucionalidad entre sus actores, reflejados en la Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO), que estableció mecanismos de investigación y desarrollo mediante la transferencia de tecnología a sus asociados.

En oleaginosas, la soya es el cultivo principal de Bolivia. Su producción se ha incrementado en los últimos años, hasta alcanzar 1,2 millones de toneladas. Esto ubica al país entre los cinco principales exportadores del mundo, después de Estados Unidos, Argentina, Brasil y Paraguay. Además, genera importantes excedentes con la exportación de tortas y aceites crudos derivados.

Los rendimientos actuales de los cultivos de oleaginosas en Bolivia, en general se han mantenido constantes y solo en algunos casos se redujeron. En el caso de la soya, únicamente en dos años se presentaron rendimientos superiores a dos toneladas por hectárea y sus variaciones negativas se observan desde el 2004 (Cuadro 6.5).

Cuadro 6.5. Bolivia. Área cosechada y producción de soya en el período 2000–2007.

Año	Área cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)
2000	580,3	1 231,6	2,12
2001	555,9	834,5	1,50
2002	656,0	1 166,7	1,78
2003	529,7	1 588,9	3,00
2004	871,3	1 589,5	1,82
2005	924,8	1 652,2	1,79
2006	953,8	1 610,7	1,69
2007	918,5	1 224,9	1,33
TMC 2007 / 2000	6,8%	-0,1%	-6,4%

Nota: TMC 2007 -2000 = Tasa media de cambio promedio anual del período 2000 - 2007

Fuente: Oficina del IICA en Bolivia con base en datos de Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales (UDAPE), La Paz, BO.

2.1.2. Girasol

Al igual que la soya, un importante porcentaje de la producción de girasol también se destina a mercados externos en forma de aceites y tortas.³³

Mientras en el ciclo agrícola 2005 - 2006 se cultivaron casi 100 mil hectáreas de girasol, para el 2008 el área sembrada alcanzó las 300 mil hectáreas, de acuerdo con estimaciones de ANAPO. Esta última cifra representa un aumento de 85% con respecto a la campaña anterior, cuando se alcanzaron las 162 mil hectáreas. Sin embargo, el girasol presenta rendimientos cíclicos que sobrepasan la tonelada por hectárea en un año y disminuyen en el siguiente. En el 2006 su rendimiento estimado fue de 1,21 t/ha (Cuadro 6.6).

Cuadro 6.6. Bolivia. Área cosechada y producción de girasol en el período 2000-2007.

Año	Área cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)
2000	130,0	110,5	0,85
2001	135,0	149,4	1,11
2002	118,2	193,8	1,64
2003	133,0	92,0	0,69
2004	89,0	96,0	1,08
2005	99,4	79,2	0,80
2006	99,4	120,3	1,21
2007	162,0	187,9	1,16
<hr/>			
TMC 2007 / 2000	3,2%	7,9%	4,5%

Nota: TMC 2007 -2000 = Tasa media de cambio promedio anual del período 2000 - 2007.

Fuente: Oficina del IICA en Bolivia con base en los datos suministrados por Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales (UDAPE), La Paz, BO.

2.1.3. Maní

La producción de maní en el país se caracteriza por la relativa estabilidad de su superficie cultivada, el rendimiento y la producción. La superficie se mantiene alrededor de 12 mil ha, mientras que el rendimiento se mantiene en 1,2 t/ha para una producción anual alrededor de 14 mil toneladas (Cuadro 6.7).

³³ Según Kreidler *et al.* (2004), el grano de soya rinde 80% de torta y de 18% a 20% de aceite crudo.

Cuadro 6.7. Bolivia. Área cosechada y producción de maní en el período 2000-2007.

Año	Área cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)
2000	11,8	13,6	1,15
2001	11,9	14,0	1,18
2002	12,1	14,7	1,21
2003	12,2	14,0	1,15
2004	12,2	14,1	1,15
2005	12,3	14,1	1,15
2006	12,2	14,0	1,15
2007	12,2	14,1	1,15
TMC 2007 / 2000	0,5%	0,5%	0,0%

Nota: TMC 2007 -2000 = Tasa media de cambio promedio anual del período 2000 - 2007

Fuente: Oficina del IICA en Bolivia con base en los datos suministrados por la Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales (UDAPE), La Paz, BO.

2.1.4. Sésamo

El sésamo es un cultivo reciente, que ha experimentado un extraordinario crecimiento en su área de sembrado. Del 2001 al 2007, se incrementó a 38,7 mil ha, lo que equivale a un crecimiento promedio del 106,4% anual (Cuadro 6.8). En el 2005 alcanzó a casi la mitad del área cosechada de girasol. Este incremento en la superficie fue la causa de que a pesar de que su rendimiento se ha venido reduciendo de manera preocupante desde el 2003, la producción se ha incrementado de forma muy dinámica y se logrado exportar una proporción.

Cuadro 6.8. Bolivia. Área cosechada y producción de sésamo en el período 2001-2006.

Año	Área cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)
2001	0,5	0,5	1,00
2002	2,0	2,0	1,00
2003	11,0	8,8	0,80
2004	31,0	22,8	0,74
2005	40,0	20,0	0,50
2006	45,0	22,5	0,50
2007	38,7	14,7	0,38
TMC 2007 / 2001	106,4%	75,7%	-14,9%

Nota: TMC 2007 -2001 = Tasa media de cambio promedio anual del período 2001 - 2007.

Fuente: Oficina del IICA en Bolivia con base en los datos suministrados por la Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales (UDAPE), La Paz, BO.

2.2. Costos promedio de producción de la materia prima

En los cuadros 6.9 y 6.10, se detallan los costos de producción de soya y girasol al 2002, para siembra convencional y siembra directa, con maquinaria alquilada y propia.

2.2.1. Soya

El Cuadro 6.9 muestra los costos de producción y rentabilidad de la soya cultivada mediante diferentes sistemas.

Los costos con siembra directa y con maquinaria propia son menores a los de la siembra convencional y, por ende, su rentabilidad es mayor.

Por otro lado, los costos de producción con siembra directa, pero con maquinaria alquilada, son menores que los de siembra convencional y aún más bajos que cuando se usa maquinaria propia.

Cuadro 6.9. Bolivia. Costos de producción y rentabilidad de la soya en diferentes sistemas de producción en el 2002.^{1/}

Sistemas de producción y detalle de la estructura de costos	Maquinaria propia		Maquinaria alquilada	
	Siembra directa	Siembra convencional	Siembra directa	Siembra convencional
En US\$ / ha				
Operaciones	75,14	101,13	90,13	125,13
Insumos	75,60	87,60	92,40	83,40
Administración	58,36	59,44	12,85	12,04
Transporte a silos	21,07	16,65	21,07	15,52
Costo total	230,17	264,82	216,45	236,09
Ingreso	294,35	281,30	294,35	281,30
Resultado (ingreso - costo total)	64,18	16,48	77,90	45,21
Rentabilidad (resultado/costo)	27,9%	6,2%	26,5%	19,1%
En US\$ / t				
Productividad (t/ha)	2,03	1,94	2,03	1,94
Costo unitario	113,38	136,51	106,63	121,70
Precio unitario	145,00	145,00	145,00	145,00
Resultado (precio - costo unit.)	31,62	8,49	38,37	23,30
Rentabilidad (resultado/costo)	27,9%	6,2%	26,5%	19,1%

Nota: 1/ En la actualidad el costo de producción de la soya se ha elevado como consecuencia del aumento del precio de los combustibles y la energía en general. Se estima que actualmente el costo oscila entre los US\$380 y US\$450 por hectárea.

Fuente: Memoria Anual de ANAPO 2002.

2.2.2. Girasol

Los costos de producción de girasol conservan la misma estructura que los expuestos para la soya en siembra directa, mediante el uso de maquinaria propia o alquilada (Cuadro 6.10). Esto no sucede para siembra convencional, ya que con maquinaria alquilada los costos son mayores.

Cuadro 6.10. Bolivia. Costos de producción del girasol en diferentes sistemas de producción en el 2002. ^{1/}

Sistemas de producción y detalle de la estructura de costos.	Maquinaria propia		Maquinaria alquilada	
	Siembra directa	Siembra convencional	Siembra directa	Siembra convencional
En US\$/ ha				
Operaciones	39,00	50,70	65,00	84,50
Insumos	55,75	47,00	55,75	47,00
Administración	40,45	39,66	7,12	6,33
Transporte a silos	5,40	5,40	5,40	5,40
Costo total	140,60	142,76	133,27	143,23

Nota: 1/ En la actualidad el costo de producción del girasol se ha elevado como consecuencia del aumento del precio de los combustibles y la energía en general. Se estima que actualmente el costo se encuentra alrededor de los US\$250/ha.

Fuente: Memoria Anual de ANAPO 2002.

3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Institutos de investigación y desarrollo

La investigación orientada al desarrollo de biodiésel está encabezada por ANAPO, que recientemente realizó un experimento en el Instituto de Investigación Agrícola "El Vallecito", en la que se logró una combinación ideal de 20% de biodiésel y 80% de diésel oil (B20).

Por otro lado, a partir del 2008, el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) en la región de Santa Cruz inició un proyecto de investigación para la producción de biodiésel, con énfasis en los pequeños productores. Como parte del proyecto, se están evaluando cultivos alternativos a la producción de soya, entre ellos la palma aceitera, el mocororo y el piñón, que no afectarían la seguridad alimentaria.

En el Cuadro 6.11 se detallan las entidades de investigación que trabajan alrededor del complejo oleaginoso de Bolivia. Se distinguen si son de tipo público o privado y las principales actividades que se realizan.

Cuadro 6.11. Bolivia. Entidades de investigación de Santa Cruz relacionadas con la producción de biodiésel.

Entidad	Tipo y principales actividades
CIAT	Entidad pública, investigación agropecuaria básica y aplicada, para la mayoría de los rubros de interés económico de la región.
Instituto de Investigación Agrícola El Vallecito	Entidad dependiente de la universidad estatal regional. Investigación en manejo de plagas y enfermedades.
SEMEXA S.A.	Entidad privada. Investigación en desarrollo de variedades de soya y venta de semillas.
FUNDACRUZ	Fundación privada sin fines de lucro, compuesta por empresas y productores de semillas de la región. Investigación en desarrollo de variedades.
ANAPO	Entidad gremial sin fines de lucro. Investigación en desarrollo de variedades.
CAICO – Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa S.A. Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia (CETABOL) – Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Oficina en Bolivia	Cooperativa de productores. Investigación en desarrollo de variedades y procesamiento de la producción de socios.

Fuente: Brenes *et al.* 2001.

4. Sector público. Políticas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

4.1.1. Sector público

La posición del Gobierno de Bolivia con respecto al desarrollo de biocombustibles en el país, se orienta principalmente a afirmar la seguridad alimentaria y el normal abastecimiento de alimentos al mercado interno nacional, antes de desarrollar una política y normativas para la producción de biocombustibles.

Sobre este tema, el Estado considera que deberá realizarse una exhaustiva investigación ante la posibilidad de amenaza a la seguridad alimentaria, donde se definan las tierras orientadas a fines energéticos. Por otro lado, no se opone a la actual producción de etanol.³⁴

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) presentado en junio del 2006, establece la política de soberanía e independencia energética con referencia a la generación de energía eléctrica.

Pretende declarar de propiedad del Estado los recursos naturales que son fuentes de generación de electricidad en todo el territorio nacional y desarrollar una normativa para el aprovechamiento de las energías renovables, que fomente su desarrollo y explotación y garantice la independencia energética del país³⁵, con el fin de sustituir el uso de diésel oil en la generación de electricidad. Asimismo, propone la implementación de programas y proyectos que permitan el desarrollo e investigación en energías alternativas (hidroelectricidad, geotérmica, biodiésel, biomasa, fotovoltaica, eólica, entre otras).

También considera una política de adaptación a los cambios ambientales globales, protección de la capa de ozono, contaminantes orgánicos persistentes y la intervención protagónica del Estado para garantizar tecnologías apropiadas y limpias con seguridad ambiental. Para ello plantea:

- ✓ Una estrategia de desarrollo de tecnologías que no dañen la capa de ozono y la reconversión tecnológica, que contribuirá al desarrollo una nueva matriz productiva, mediante el uso racional de los recursos naturales y energéticos, y el control eficiente de sustancias químicas nocivas a la atmósfera.
- ✓ La implementación de un programa de protección atmosférica, que desarrollará mecanismos efectivos para el control de emisiones de contaminantes, mediante el cambio de combustibles (gas natural y biodiésel).

Por otro lado, para lograr el cambio de la matriz productiva, en el campo de la innovación, es necesario desarrollar el componente científico y tecnológico, donde el Estado facilite la operación de centros científico-tecnológicos para fortalecer los procesos de innovación tecnológica. En este contexto, se plantea crear el Sistema Boliviano de Innovación (SBI), para sustentar la interacción entre el sector productivo, el Estado y el sector científico-tecnológico.

Se propone la política de ciencia, tecnología e innovación en la integración nacional para el desarrollo productivo con soberanía e inclusión social, en cuyo marco se creará el SBI, para que fortalezca los centros científicos y de servicios productivos y su vinculación con los sectores productivos. Plantea también la creación del Programa de Producción de Biocombustibles, en el cual se considera que las alternativas energéticas son factibles en el territorio nacional, sobre todo en lugares donde no se tiene acceso a la red de distribución de combustibles.

³⁴ Nota de prensa: el MAS prepara una ley que apoya el biodiésel, pero con condiciones. La Razón, 26 de julio de 2007.

³⁵ Plan Nacional de Desarrollo de Bolivia, p. 112.

Se reconoce que la importación de diésel constituye una importante erogación de recursos por parte del país, por lo que es necesaria su sustitución. La producción de biodiésel estará basada en recursos naturales renovables como la soya, el girasol y otros, con el fin de disminuir la dependencia de la importación de diésel oil. Igualmente se plantea la instalación de diez plantas piloto públicas de biodiésel y una planta industrial con inversión privada.

Si bien esta planificación se expresa en el Programa Nacional de Desarrollo, diversos acontecimientos han conducido a establecer una importante cautela por parte del gobierno en generar opinión en este tema, recalándose lo expresado en el primer párrafo de esta sección.

En el marco de la Quinta Cumbre de las Américas, celebrada en Puerto España, Trinidad y Tobago (19 de abril del 2009), la delegación de Bolivia dejó plasmada la siguiente nota, incluida en la referencia al párrafo 49 de la Declaración de Compromiso de Puerto España:

Bolivia considera que el desarrollo de políticas y de esquemas de cooperación que tengan por objetivo la expansión de los biocombustibles en el hemisferio occidental puede afectar e incidir en la disponibilidad de alimentos y su alza de precios, el incremento de la deforestación, el desplazamiento de la población por la demanda de tierras y, por consiguiente, repercutir en el incremento de la crisis alimentaria, afectando directamente a las personas de bajos ingresos, sobre todo a las economías más pobres de los países en desarrollo. En ese sentido, el Gobierno Boliviano, a tiempo de reconocer la necesidad de búsqueda y uso de fuentes alternativas de energía que sean amigables con la naturaleza, tales como la energía geotérmica, solar, eólica, y los pequeños y medianos emprendimientos hidroeléctricos, plantea una visión alternativa basada en el vivir bien y en armonía con la naturaleza, para desarrollar políticas públicas que apunten a la promoción de energías alternativas seguras que garanticen la preservación del planeta, nuestra "madre tierra."

4.1.2. Sector privado

Recientemente el sector privado inició una serie de foros para debatir y discutir el tema de los biocombustibles y sus implicaciones en el desarrollo económico del país y las regiones con potencial para su producción.

Estos foros de discusión son liderados por la Cámara de Industria, Comercio, Servicios y Turismo de Santa Cruz-Bolivia (CAINCO) y el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), dos importantes instituciones que trabajan en los ámbitos del quehacer agropecuario nacional y del comercio internacional. En este sentido, están promoviendo en todo el país una propuesta para Programa Nacional de Biocarburantes.

La propuesta expresa que tanto el bioetanol como el biodiésel:

- a) Ayuden a disminuir el calentamiento global en el mundo y así favorezcan al medioambiente.

- b) Contribuyan a dar mayor valor agregado a las exportaciones y generen más divisas para Bolivia.
- c) Ayuden a crear más empleos en el país y más ingresos para los bolivianos.
- d) Favorezcan la producción de alimentos y contribuyan a la seguridad y estabilidad alimentaria (Instituto Boliviano de Comercio Exterior 2007).

La producción de biocombustibles en Bolivia no sería solo para las grandes empresas sino, especialmente para los pequeños productores, incluso en el nivel de producción comunitaria.

Ambas instituciones, CAINCO e IBCE, han propiciado tres importantes foros a nivel nacional sobre este tema: el primero en la ciudad de La Paz en el mes de mayo del 2007; y el otro en Santa Cruz de la Sierra y la Ciudad de Cochabamba. A estas acciones se unen organizaciones importantes como el Consejo Departamental de Competitividad de Cochabamba (CDC) y la Fundación Nuevo Norte de La Paz.

Las principales conclusiones de los foros fueron las siguientes:

- a. El tema de biocombustibles, que por su trascendencia debería ser tratado de forma técnica e inmediata.
- b. Bolivia tiene gran posibilidad de convertirse en productor y exportador de combustibles fósiles, y de biocombustibles, de manera complementaria a su soberanía alimentaria.
- c. La exportación de biocombustibles aportaría divisas e ingente cantidad de empleo sostenible en el tiempo (1 millón de empleos directos e indirectos, en agricultura, industria, servicios, transporte, entre otros), en un plazo no mayor a diez años.
- d. La exportación de biocombustibles amortiguaría la pérdida de mercados externos preferenciales (como la CAN) y la consecuente reducción de empleos, lo que evitaría un conflicto social.
- e. La producción de biocombustibles permitiría recuperar suelos ya impactados, así como el trabajo de pequeñas unidades productivas, de manera inclusiva, con cultivos alternativos (piñón) adaptados a suelos áridos. La captura de dióxido de carbono, además de la incorporación de nutrientes al suelo (nitrógeno), serán ganancias adicionales para el país.
- f. No hay competencia entre los combustibles fósiles y biocombustibles. El interés está centrado en las posibilidades de exportación. Se trata de exportar combustibles a un voraz mercado externo, a partir de recursos renovables.
- g. En el caso del biodiésel, no se trata de cambiar productos agrícolas de la alimentación hacia el combustible.

- h. Virtuosamente debería decirse en Bolivia que “mientras más biocombustibles, más alimentos”, ya que la producción de etanol no se generaría a partir de maíz, sino de caña de azúcar, y el biodiésel, a partir de la soya, lo que generará enormes cantidades de proteína vegetal (torta de soya) para la producción de carnes.
- i. Es necesario estudiar el balance energético entre los biocombustibles y los combustibles fósiles; sin embargo, los primeros contribuirán al medio ambiente, la seguridad alimentaria y la mejora de las condiciones de vida en el campo, especialmente a nivel comunitario.
- j. Existe la preocupación de que países vecinos se beneficien de capitales que estaban destinados a Bolivia en cuanto a la producción de biodiésel (Perú).

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

En el Cuadro 6.12 se presentan las regulaciones más relevantes presentes en el Decreto Supremo 27972 de enero del 2005 y aquellos presentes en la Ley 3207 de setiembre del mismo año, incluso aquellas que estipulan la mezcla mínima establecida para la mezcla.

Cuadro 6.12. Bolivia. Principales normas que regulan la producción y el consumo de biodiésel.

Ámbitos de análisis	D.S 27972, Biodiésel, enero del 2005	Ley 3207, Biodiésel, setiembre del 2005
Definición de biocombustibles	Establece definiciones para el componente de origen vegetal, diésel oil de origen mineral y diésel oil con componente de origen vegetal, y productor de diésel oil con componente de origen vegetal.	Define biodiésel y el componente vegetal, incluyendo en este al alcohol anhidro.
Marco institucional	El Decreto Supremo establece que los ministerios de Hacienda, Minería e Hidrocarburos son los responsables de su ejecución. Este último elaborará las normas técnicas específicas.	No establece ministerios responsables para su ejecución, sino que los ministerios de Hidrocarburos, Desarrollo Económico, Hacienda, Asuntos Campesinos y Agropecuarios y la Superintendencia de Hidrocarburos elaborarán la reglamentación de esta ley.
Requisitos para los productores	Establece que la superintendencia de hidrocarburos dará la autorización de construcción y operación de las unidades de proceso, para la producción de diésel oil con componente de origen vegetal.	Establece que cualquier persona natural o jurídica puede ser productor. Se utiliza 100% de materias primas nacionales. Los requisitos específicos para su calificación serán establecidos por los reglamentos a la Ley.
Requisitos para los distribuidores	El productor de diésel oil con componente de origen vegetal, que no sea una refinería, comercializará este producto a través de distribuidores minoristas autorizados.	Estos aspectos serán regulados por el reglamento de la ley que sea dictado por las instituciones públicas encargadas.
Sujetos beneficiarios del régimen de incentivos	No especifica beneficiarios.	No especifica beneficiarios.
Régimen impositivo o tributario	La comercialización de diésel oil con componente de origen vegetal esta alcanzada por el impuesto especial sobre los hidrocarburos (IEHD).	Se considera: <ul style="list-style-type: none"> • Exención de pago del impuesto específico a los hidrocarburos (IEHD). • Exención del impuesto directo a los hidrocarburos (IDH). • Exención del 50% de la carga total impositiva al proceso de producción y comercialización del

Ámbitos de análisis	D.S 27972, Biodiésel, enero del 2005	Ley 3207, Biodiésel, setiembre del 2005
		<p>componente vegetal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad fiscal por diez años para los productores de biodiésel. • Liberación del pago del gravamen arancelario consolidado (GAC) y del IVA, durante cinco años en la compra de bienes de capital para los productores de biodiésel.
Plazos o períodos de aplicación	No especifica plazos o períodos de aplicación.	Establece que a los dos años se incorporará el porcentaje inicial de mezcla que se indica en dicha ley, mientras que para alcanzar el porcentaje final se prevé un plazo proyectado de diez años (2015).
Porcentaje de mezcla de biocombustibles	No especifica porcentaje de mezcla, solo indica que la calidad del diésel oil con componente vegetal deberá cumplir con las especificaciones del reglamento de calidad de carburantes y lubricantes.	Establece un porcentaje de biodiésel del 2,5% inicial hasta llegar, gradual y progresivamente al 20% en un plazo no mayor de diez años.
Infracciones y sanciones	No explicita sanciones ni categorías de infracción.	Establece sanciones a la evasión o defraudación tributaria que se cause tras acogerse a los beneficios impositivos. Señala una multa por el doble de la cantidad evadida o defraudada sin perjuicio de otras sanciones según la normativa nacional.
Aspecto ambiental	No establece disposiciones.	No establece disposiciones.
Reglamentos de las leyes analizadas	No tiene reglamentación hasta la fecha.	No tiene reglamentación hasta la fecha.

Fuente: Ajila y Chiliquinga 2007.

4.3. Otros aspectos relevantes para el fomento de la producción de biodiésel

En relación con el sector público, la decisión del Gobierno Boliviano de privilegiar la seguridad alimentaria antes del desarrollo de producción de biocombustibles, clarifica la línea de acción del país. Sin embargo, como se expresa en el PND, el desarrollo de energías alternativas es de interés del gobierno nacional.

Para ello, se están coordinando las próximas acciones a través de instituciones vinculadas y que poseen jurisdicción sobre este tema. Las entidades oficiales encargadas del análisis son:

- Ministerio de Planificación del Desarrollo (Viceministerio de Ciencia y Tecnología).
- Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente (Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario).
- Ministerio de Hidrocarburos.

Por lo expuesto, no se puede asegurar la disposición que tendría el Gobierno Boliviano de asociarse a la Comisión Interamericana de Biocombustibles.

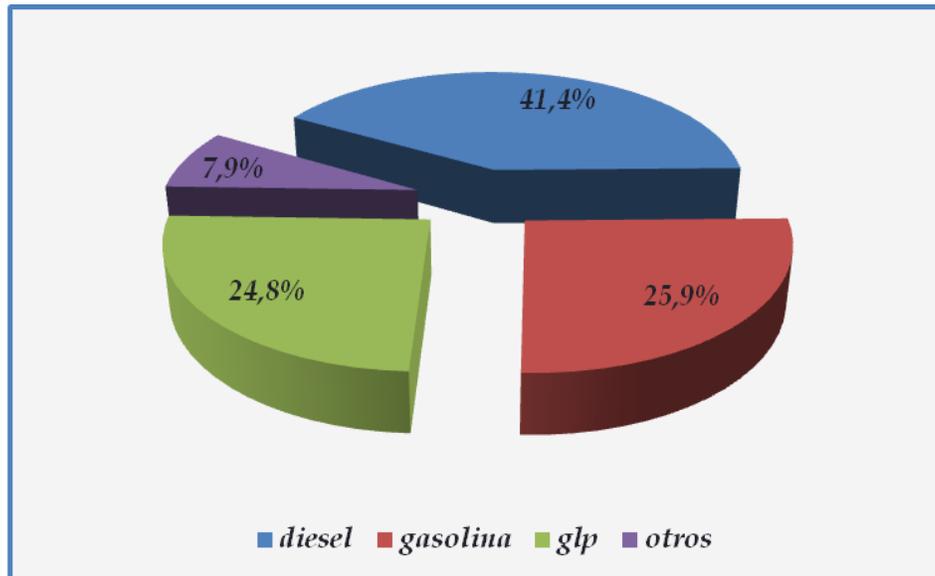
Con respecto al sector privado, la realización de importantes foros nacionales liderizados por la CAINCO y el IBCE permitió que estas instituciones se establecieran como interlocutoras del sector privado para dialogar con el Gobierno Boliviano, de manera que se efectuara un análisis conjunto del tema. Por lo tanto, existiría una posible predisposición del sector privado de establecer relaciones con la Comisión Interamericana de Biocombustibles, para constituir una asociación en Bolivia que sea beneficiosa para el país.

5. Aspectos potenciales

5.1. El consumo de diésel

Para el período comprendido entre el 1998 y el 2007, el consumo del diésel mostró una participación histórica del 41,4% del total del consumo de hidrocarburos (sin incluir el gas natural), como se puede observar en la Figura 6.3.

Figura 6.3. Bolivia. Participación histórica en la comercialización de hidrocarburos en el período 1998-2007. ^{1/}



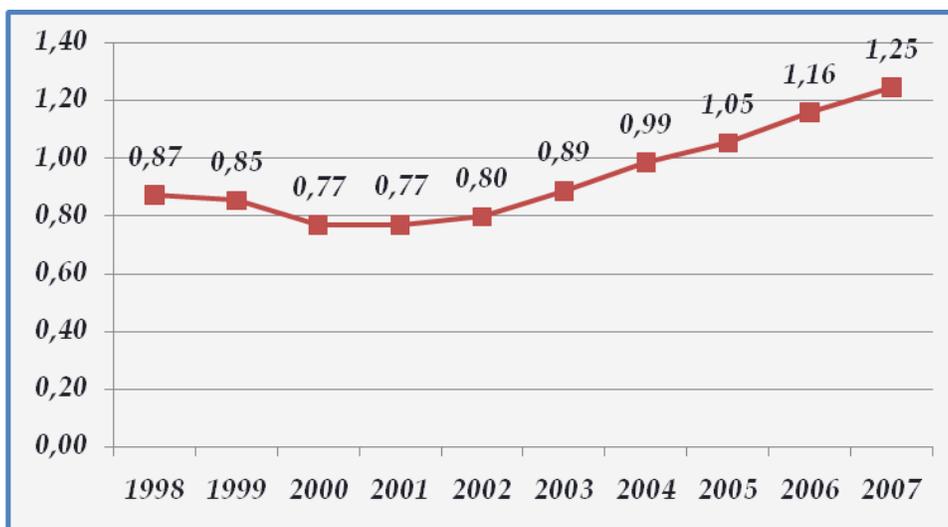
Nota: 1/ No incluye gas natural.

2/ Otros hidrocarburos: jet fuel, gas licuado de petróleo (glp) y kerosene.

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos, Bolivia.

El consumo de diésel ha registrado un dinámico crecimiento de 4% en su tasa media de cambio promedio anual y un incremento del consumo anual de 0,87 en el año 1998 a 1,25 miles de millones de litros en el 2007, como se puede observar en la Figura 6.4.

Figura 6.4. Bolivia. Consumo anual de diésel en el período 1998-2007 (en miles de millones de litros).



Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos, Bolivia.

Actualmente, el consumo mensual de diésel en Bolivia llega a 103,8 millones de litros. De esta cantidad, la Empresa Boliviana de Refinación (EBR) abastece más de la mitad del total comercializado, mientras que oro negro y reficruz suplen el mercado interno con cantidades más modestas.

Para suplir el consumo total de diésel, Bolivia debe importar un promedio mensual de 35,3 millones de litros.

El diésel oil posee una gran importancia dentro de la estructura de las importaciones nacionales. En el 2007 su valor importado fue de US\$234,6 millones y su participación fue del 34,1% con respecto al consumo total de diésel. Esto representó un volumen importado de 424 millones de litros para ese año, como se muestra en el Cuadro 6.13.

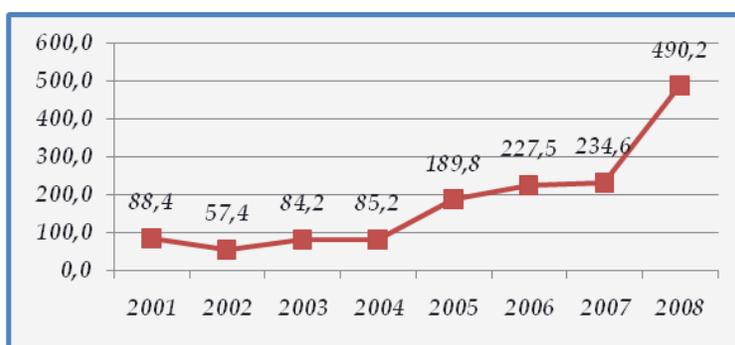
Cuadro 6.13. Bolivia. Producción, importación y consumo de diésel oil entre enero y diciembre del 2007 (en millones de litros).

Mes	Producción	Importación	Consumo
Enero	54,7	34,2	88,9
Febrero	48,2	31,6	79,8
Marzo	61,1	38,9	99,9
Abril	66,3	31,9	98,2
Mayo	70,7	36,1	106,8
Junio	75,5	34,4	110,0
Julio	76,3	33,7	110,0
Agosto	73,5	36,1	109,6
Septiembre	75,6	36,4	112,0
Octubre	75,6	39,9	115,5
Noviembre	71,4	31,3	102,6
Diciembre	72,2	39,5	111,7
Total	821,0	424,0	1.245,0
Promedio mensual	68,4	35,3	103,8
Participación	65,9%	34,1%	100,0%

Fuente: Superintendencia de Hidrocarburos, Bolivia.

El valor de las importaciones de diésel ha registrado un vigoroso incremento del 27,7% promedio anual. En el 2008 muestra un repunte de US\$490,2 millones, conforme se muestra en la Figura 6.5.

Figura 6.5. Bolivia. Valor de las importaciones de diésel en el período 2001-2008 (millones de dólares estadounidenses).



Fuente: Información de Comercio Exterior, Instituto Nacional de Estadística, Bolivia.

5.2. Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel

La superficie por aptitud de los suelos en el departamento de Santa Cruz alcanza los 36,01 millones de hectáreas, de las cuales, según la clasificación del plan de uso de suelos (en las clases II, III y IV), 7,9 millones de hectáreas serían las más aptas para la siembra de oleaginosas.

5.3. Fuentes potenciales de aceite

El mayor potencial de producción de aceite en Bolivia proviene del cultivo de la soya, ya que este se ha consolidado como una actividad agroindustrial de significativa importancia. Si toda la cosecha se hubiese destinado a la producción de aceite y si el rendimiento del proceso de extracción fue de un 20% del grano, se podría estimar el desempeño de esta fuente oleaginosa como se detalla en el Cuadro 6.14.

Cuadro 6.14. Bolivia. Producción de torta y aceite crudo de soya en el período 2000-2007 (miles de toneladas).

Año	Producción	Aceite crudo	Torta
2000	1231,6	230,8	1000,1
2001	834,5	197,2	854,7
2002	1166,7	257,3	1115,0
2003	1588,9	310,6	1346,0
2004	1589,5	292,5	1267,7
2005	1652,2	295,9	1282,1
2006	1610,7	315,1	1365,2
2007	1224,9	244,72	980,2
TMC 2007/2000	-0,1%	0,8%	-0,3%

Nota: TMC 2007 -2000 = Tasa media de cambio promedio anual del período 2000 - 2007.

Fuente: Oficina del IICA en Bolivia con base en datos de Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales (UDAPE), La Paz, BO.

5.4. Producción estimada y potencial de biodiésel

En el Cuadro 6.15 se presenta una estimación del potencial de producción de biodiésel en Bolivia. Para el cálculo estimado de la producción potencial, se tomaron en cuenta únicamente las exportaciones de aceite crudo de soya, tal como se describe en la Nomenclatura Común de los Países Miembros del Acuerdo de Cartagena (NANDINA) (aceite de soya en bruto y sus fracciones: 1 507 100 000), sin incluir la exportación de sus aceites refinados.

Para esta estimación, se consideraron dos parámetros:

- Parámetro 1: El rendimiento de biodiésel de 1,07 litros/litro de aceite crudo de soya³⁶.
- Parámetro 2: La obtención de 178 litros de biodiésel a partir de una tonelada de soya³⁷.

Cuadro 6.15. Bolivia. Estimación de biodiésel a partir de las exportaciones de aceite crudo de soya en el 2006 (utilizando el parámetro 1).

Año	Exportaciones de aceite de soya (miles de t)	Densidad aceite de soya (m ³ /t)	Exportaciones de aceite de soya (miles de litros)	Rendimiento (litros de biodiésel/litros de aceite) - Parámetro 1 -	Biodiésel (millones de litros)
2006	199,1	0,9	179,2	1,07	191,7

Fuente: Kreidler *et al.* 2004.

Para fines de coherencia de los resultados obtenidos, se debe tomar en cuenta:

- La producción nacional de aceite crudo de soya, mostrada anteriormente, no debe ser menor al volumen de aceite crudo de soya calculado con el segundo parámetro (parámetro 2).
- Este volumen se estimará multiplicando las exportaciones de aceite crudo de soya con el primer parámetro.

Con lo anterior se verificará la relación de los insumos (parámetro 1) y los productos (parámetro 2) de esta estimación del Cuadro 6.16.

³⁶ Parámetro considerado en la presentación Dabdoud (2005).

³⁷ Parámetro preliminar del Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente de Bolivia (MDRAyMA 2007).

Cuadro 6.16. Bolivia. Consistencia de las estimaciones del potencial de biodiésel en el 2006.

Biodiésel (millones de litros)	Rendimiento (litros de biodiésel por t de soya - Parámetro 2 -	Materia prima: soya (miles de t)	Parámetro de obtención de aceite crudo ^{1/}	Aceite crudo de soya (miles de t)
191,7	178	1077,2	0,18	193,9

Nota: 1/ Kreidler *et al.* 2004.

Elaboración: Oficina del IICA en Bolivia.

Con base en esta estimación, es posible concluir que los cálculos realizados guardan coherencia, ya que el volumen de aceite crudo de soya (193,905 t) es similar al volumen de exportaciones inicial (199,118 t).

Por otro lado, si se destinara el volumen completo de las exportaciones de aceite crudo de soya a su transformación en biodiésel, se obtendrían 191,7 millones de litros de este producto.

6. Instituciones vinculadas

- ANAPO
- Fundación Milenio Instituto Boliviano de Comercio Exterior
- Instituto Nacional de Estadística.
- MDRAyMA
- MPD
- UDAPE

7. Sitios *web* consultados

www.ibce.org.bo

www.superhid.gov.bo

www.hidrocarburos.gov.bo

www.ine.gov.bo

www.laprensa.com.bo

www.la-razon.com

www.udape.gov.bo

www.olade.org

www.caf.com

Instituto Boliviano de Comercio Exterior
Superintendencia de Hidrocarburos de Bolivia
Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia
Instituto Nacional de Estadística de Bolivia
La Prensa, diario de Bolivia
La Razón, Diario de Bolivia
Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales
Organización Latinoamericana de Energía
Corporación Andina de Fomento

- 1. La producción de biodiésel**
- 2. La materia prima. La producción de aceite**
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales de aceite*
 - 2.2. *Palma aceitera (palma africana)*
- 3. El sector de innovación relacionado con el biodiésel**
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
- 4. Políticas públicas y marco regulatorio**
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel*
- 5. Aspectos potenciales**
 - 5.1. *El consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel*
 - 5.3. *Fuentes potenciales de aceite*

1. La producción de biodiésel

Actualmente están en operación tres plantas de biodiésel: dos en la región norte con capacidades de 50 y 36 mil t/año, respectivamente (*Oleoflores y Odin Energy*), y una más en la región oriental con capacidad de 100 mil t/año (*Bio D*), como se puede mostrar en la Cuadro 7.1.

Al término del 2009, se esperaba el inicio de operación de dos plantas adicionales, en los departamentos de Magdalena, Cundinamarca y Atlántico, respectivamente, las cuales sumarían una capacidad país de por lo menos 486 miles de t/año.

Cuadro 7.1. Colombia. Situación actual de las plantas de producción de biodiésel.

Plantas de biodiésel en operación 2007 - 2009							
No	Región	Inversionistas	Capacidades (miles de t/año)	Inversiones (millones de US\$)	Siembra (miles de ha)	Empleos (en miles)	Fecha de entrada
1	Norte	Oleoflores S.A.	50,0	11,0	11,1	7,6	Nov-07
2	Norte	Odin Energy Santa Marta Corp.	36,0	12,0	6,7	4,5	Mayo-08
3	Norte	Biocombustibles sostenibles del Caribe S.A.	100,0	17,0	22,2	15,1	Abril-09
4	Oriental	Bio D. S.A.	100,0	41,0	22,2	15,1	Feb-09
Subtotal en operación			286,0	81,0	62,2	42,3	
Plantas de biodiésel en construcción durante el 2009							
No	Región	Inversionistas	Capacidades (miles de t/año)	Inversiones (millones de US\$)	Siembra (miles de ha)	Empleos (en miles)	Fecha de entrada
5	Central	Ecodiésel de Colombia, S.A.	100,0	35,0	22,2	15,1	Nov-09
6	Oriental	Aceites Manuelita S.A.	100,0	42,0	22,2	15,1	Mayo-09
Subtotal en construcción			200,0	77,0	44,4	30,2	

Nota: a/ Plantas integradas a productores del sector palmicultor colombiano.

Fuente: Arias 2007.

Actualizado: Mesa 2009.

De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero Energética, del Ministerio de Minas y Energía, Colombia enfrenta el reto de aumentar la oferta interna para cubrir la totalidad del país con una mezcla del 5% de biodiésel en el 2009 y aumentarla progresivamente a 10% y 20%, de acuerdo con el Decreto 2629 del 2007.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes vegetales de aceite

En Colombia la principal fuente de aceite es la palma aceitera, cuya superficie de siembra es de 335,5 miles de hectáreas aproximadamente, de las cuales un 65,7% se encuentra en estado de producción y el 34,3% restante está en su fase de desarrollo.

Además de la palma aceitera, existen ocho cultivos que pueden proveer aceite para la fabricación de biodiésel: coco, higuera, aguacate, jatropha, colza, maní, girasol y soya. En el Cuadro 7.2 se muestran los rendimientos potenciales de algunas fuentes potenciales de aceite como materia prima para la elaboración de biodiésel. Se incluyen datos acerca de su incidencia estimada sobre la generación de empleo.

Cuadro 7.2. Colombia: Rendimiento de las principales fuentes vegetales por tipo de cultivo.

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (gal/ha/año)	Empleos agric+ind/ha/año
Palma	5550	1 466	0,27
Cocotero	4200	1 110	0,52
Higuera	2600	687	0,64
Aguacate	2460	650	0,51
Jatropha	1559	412	0,30
Colza	1100	291	0,40
Maní	990	262	0,40
Soya	840	222	0,37
Girasol	890	235	0,40

Fuente: Arias 2007.

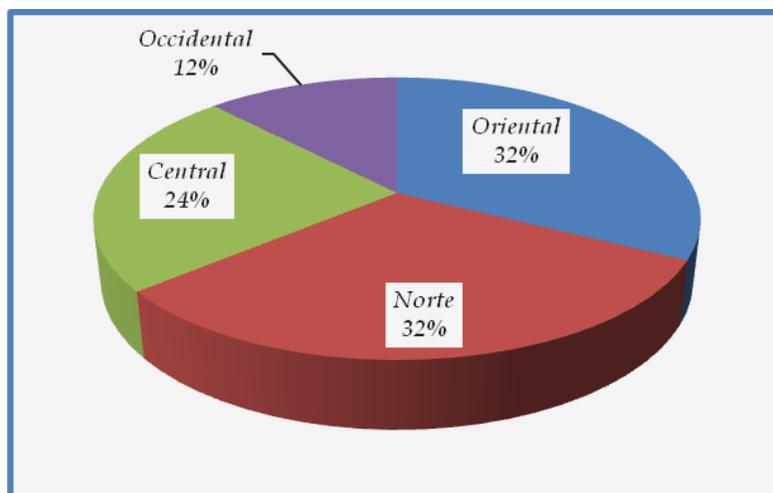
2.2. Palma aceitera (palma africana)

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el cuarto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones, ya que desde 1962 fue creada la FEDEPALMA.

En cuanto a su historia, la palma se introdujo en el país en 1932 y fue sembrada con fines ornamentales en la estación agrícola de Palmira (Valle del Cauca). El cultivo comercial solo comenzó en 1945 cuando la *United Fruit Company* (UFCo) estableció una plantación en la zona bananera del departamento de Magdalena.

La expansión del cultivo ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de los sesentas, existían 18 mil hectáreas en producción y hoy existen más de 220 mil hectáreas en 73 municipios del país, distribuidos en cuatro zonas productivas, como se muestra en la Figura 7.1.

Figura 7.1. Colombia. Distribución de la superficie de cultivo de palma aceitera por zona (2001–2008).



Fuente: FEDEPALMA 2009.

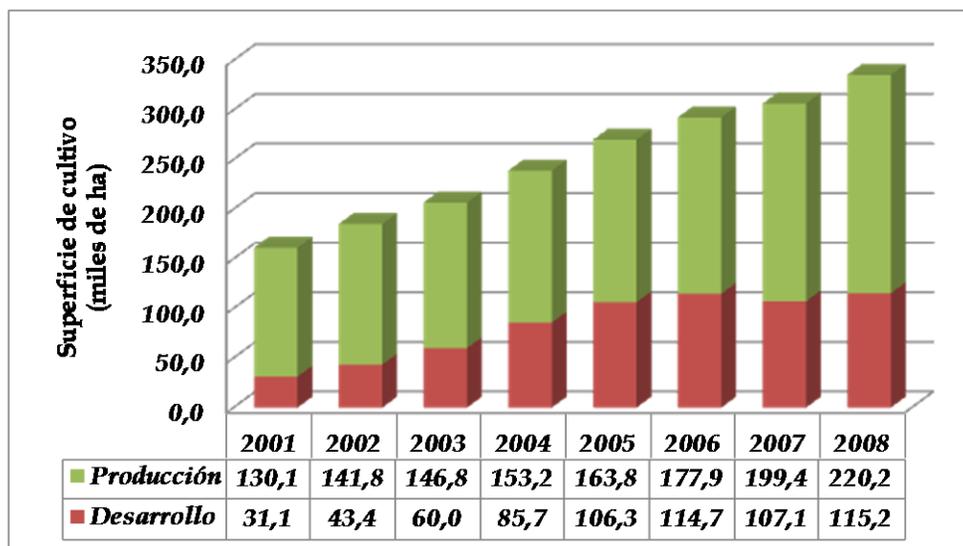
A continuación se citan los departamentos beneficiados por el cultivo de palma aceitera según la región:

- ✓ Norte: Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira.
- ✓ Central: Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar.
- ✓ Oriental: Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá.
- ✓ Occidental: Nariño.

De acuerdo con cifras de la FEDEPALMA, los departamentos que poseen más área sembrada en palma de aceite son en su orden: Meta (1), Cesar (2), Santander (3), Magdalena (4), Nariño (5), Casanare (6), Bolívar (7), Cundinamarca (8) y Norte de Santander (9).

La Figura 7.2 muestra la evolución del cultivo de palma, para el período comprendido entre el 2001 al 2008.

Figura 7.2. Colombia. Evolución de la superficie de cultivo de palma aceitera en el período 2001–2008 (en miles de hectáreas).



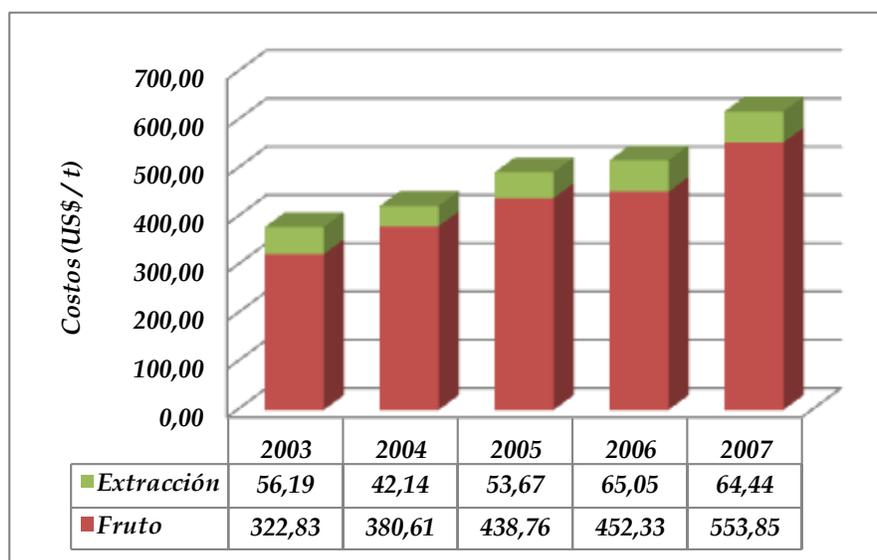
Notas: 1/ El área en desarrollo de la Zona Occidental para el año 2007 corresponde a las renovaciones con semilla de palma híbrida reportadas por los productores. El área en producción se ajustó descontando las erradicaciones efectuadas.

2/ La superficie sembrada en palma de aceite hace referencia al área neta, es decir, el espacio ocupado solamente por la palma de aceite y calculado con base en densidades de siembra reportada por los productores. Según el Censo Nacional (1997-1998), la relación entre área neta y área bruta da un resultado del 93,3%.

Fuente: FEDEPALMA 2009.

En la Figura 7.3 se muestra la estructura de costos de producción de aceite de palma.

Figura 7.3. Colombia. Costos de producción de fruto y de extracción de aceite de palma en el período 2003–2007 (en dólares estadounidenses por tonelada).



Fuente: FEDEPALMA 2009.

La mayor proporción del costo de producción de aceite corresponde a la producción del fruto, con una participación del 89,6% con respecto al costo total, mientras que el costo de extracción representa solamente el 10,4%.

Las labores de cultivo y la administración para la producción de fruto tienen una relativa contribución al costo de producción, que alcanza un 40,4% y un 14,2% respectivamente, sobre el costo total, lo cual demuestra la significativa incidencia de estos rubros de costos sobre el empleo y el ingreso agrícola de los palmicultores.³⁸

Durante el período comprendido entre el 2003 y el 2007, se ha registrado un incremento de los costos de producción, en una magnitud del 13,0% en la tasa media anual. A su vez, el precio local y el precio internacional del aceite crudo de palma, han mostrado incrementos del 7,9% y del 15,2%, respectivamente, en la tasa media anual de cambio para el mismo período referido.

El costo promedio de producción de una tonelada de aceite de palma en Colombia fue de US\$618/t en el 2007, y si se compara con el precio local de ese año de US\$734/t, registra un margen bruto de US\$116/t y un margen sobre el costo total de producción de 18,7%. No obstante, este margen ha registrado un deterioro de un -18,7% con respecto al año 2003 (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. Colombia. Costos de producción de fruto y de extracción de aceite de palma (2003-2007).

Año	Costos (US\$ / t)			TRM ^{1/}	Precios locales (US\$ / t)	Margen bruto	
	Fruto	Extracción	Total			(US\$ / t)	Mg/costo ^{2/}
2003	322,83	56,19	379,02	2877,50	541,75	162,73	42,9%
2004	380,61	42,14	422,75	2626,22	538,25	115,50	27,3%
2005	438,76	53,67	492,43	2320,77	469,08	-23,35	-4,7%
2006	452,33	65,05	517,38	2357,98	490,42	-26,96	-5,2%
2007	553,85	64,44	618,29	2078,35	734,08	115,80	18,7%
TMC ^{3/} 2007 / 2003	14,4%	3,5%	13,0%	-7,8%	7,9%	-8,2%	-18,7%

Notas: 1/ Tasa de cambio representativa del mercado (TRM). Banco de la República. Colombia - Tasa promedio ponderado de compra y venta.

2/ Margen bruto sobre costo total de producción.

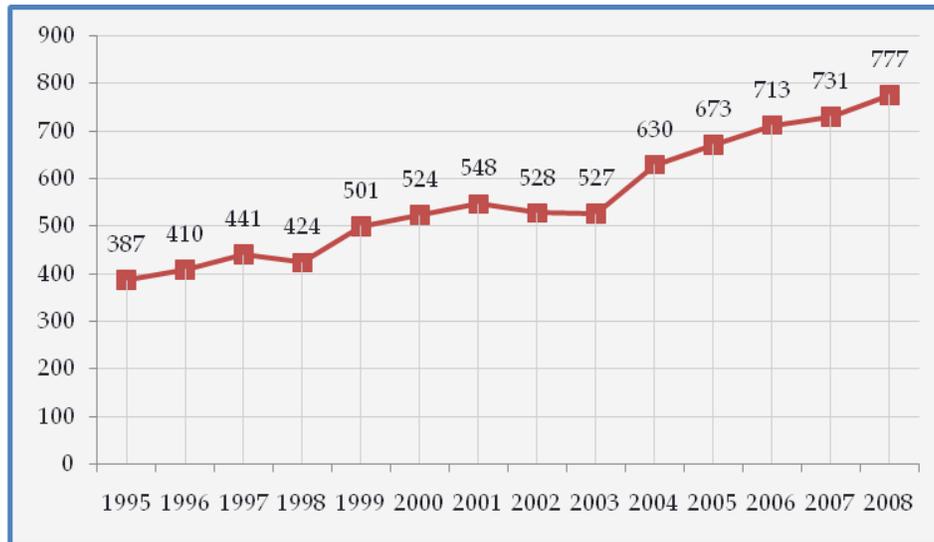
3/ Tasa media anual de cambio para el período 2003 - 2007.

Fuente: FEDEPALMA 2009.

³⁸ Algunas de las labores de cultivo consisten en previvero, vivero, preparación de suelos, siembra en sitio definitivo y mantenimiento de la etapa improductiva (tres años), así como mantenimiento del cultivo en etapa productiva y cosecha (25 años).

La producción de aceite de palma ha crecido de forma constante desde 1995, pero es desde el 2004 cuando la tasa de crecimiento se duplica del 4% al 8% promedio anual, como se puede mostrar en la Figura 7.4.

Figura 7.4. Colombia. Desempeño de la producción de aceite crudo de palma en el período 1995 - 2008 (miles de toneladas)



Fuente: FEDEPALMA 2009.

El crecimiento sostenido de esta actividad ha sido el resultado de la dinámica de crecimiento de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia, la cual ha mostrado capacidad para atender volúmenes crecientes de exportaciones, así como el desarrollo de nuevos mercados locales, alternativos al mercado tradicional, principalmente el aprovisionamiento de materia prima para la elaboración de biodiésel.

Los indicadores de desempeño agrícola e industrial que se muestran en el Cuadro 7.4 permiten visualizar la respuesta tangible a las condiciones de la demanda de aceite de palma.

Cuadro 7.4. Colombia. Producción y rendimientos de palma (2001-2008).

Año	Producción de racimos de fruta fresca (miles de t FF)	Producción de aceite crudo de palma (ACP) (miles de t)	Rendimientos por ha en producción		Tasa de extracción (t FF / t ACP)
			t FF / ha	t de ACP / ha	
2001	2648,5	547,6	20,4	4,2	20,7%
2002	2558,2	528,4	18,0	3,7	20,7%
2003	2579,5	526,6	17,6	3,6	20,4%
2004	3106,5	630,4	20,3	4,1	20,3%
2005	3240,7	672,6	19,8	4,1	20,8%
2006	3450,3	713,3	19,4	4,0	20,7%
2007	3589,7	731,3	18,0	3,7	20,4%
2008	3722,1	777,5	16,9	3,5	20,9%
Promedios			18,6	3,8	20,6%

Fuente: FEDEPALMA 2009.

Las exportaciones crecieron a una tasa media anual de cambio de 17,7 % desde 1999 hasta el 2004, año en que alcanza un techo de casi 250 mil toneladas anuales, lo cual representó un 39,4% de la producción total de aceite del país. A partir de ese año, las exportaciones de aceite crudo de palma con origen en Colombia experimentaron un significativo descenso hasta un nivel de las 127,7 miles de toneladas para el año 2008 y un 16,4% de la producción total para ese mismo año (Cuadro 7.5). El aumento de la producción y el vertiginoso descenso de las exportaciones evidenciaron un mayor consumo interno del aceite.

Cuadro 7.5. Colombia. Evolución de las exportaciones y de los precios de aceite crudo de palma (ACP) (1999 - 2007).

Año	Exportaciones (miles de t)	Exportaciones / producción ACP	Precios (US\$/ t)	
			Local	Internacional
1999	110,0	22,0%	487,17	436,00
2000	124,9	23,8%	385,83	310,25
2001	147,4	26,9%	384,92	285,67
2002	111,9	21,2%	462,83	390,25
2003	158,9	30,2%	541,75	443,25
2004	248,7	39,4%	538,25	471,50
2005	247,2	36,8%	469,08	422,08
2006	237,5	33,3%	490,42	478,33
2007	33,1	4,5%	734,08	780,25
2008	127,7	16,4%	984,50	948,58

Fuente: FEDEPALMA 2009.

3. El sector de innovación relacionado con el biodiésel

3.1. Iniciativas públicas o privadas

De acuerdo con proyecciones de la FEDEPALMA, a finales del 2009 entrarían en funcionamiento en el país por lo menos seis plantas de producción de biodiésel, a partir de aceite de palma, que sumará una capacidad instalada total de producción de 486 mil t/año (Cuadro 7.1 que contiene información detallada en la sección de producción de biodiésel, al inicio de esta sección para Colombia).

Tres de estas seis plantas se encuentran en operación y aportan una capacidad de 186 t/año. Dos se localizan en la Región Norte y una en la Región Oriental. Las tres restantes, están en construcción, sumarán una capacidad de las 300 t/año y se ubicarán en las regiones palmeras central, oriental y norte, respectivamente.

Para la operación individual de cada planta de biodiésel, se requerirá el suministro de la producción de un área aproximada cultivada en palma de aceite comprendida entre 6,7 y 22,2 miles de hectáreas, de acuerdo con los rendimientos esperados de toneladas de aceite/hectárea (3,8 a 5,0 t/ha). Esta área necesariamente deberá ser suplida por un

conjunto de plantaciones grandes con un promedio de 3 a 4 mil hectáreas/plantación. La inversión promedio de cada planta de producción de biodiésel de palma se sitúa en un rango de US\$11 y US\$42 millones, sin incluir los recursos para poner en operación dichas plantas.

Se ha emitido un par de lineamientos de política pública en el marco de los esfuerzos del Gobierno de Colombia para promover las inversiones en materia de biocombustibles.

En el denominado Documento CONPES 3510, el Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia, del 31 de marzo del 2008, se establecieron los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles.³⁹

Este documento presenta a consideración del CONPES una política orientada a promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia y aprovechar las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados emergentes de los biocombustibles. De esta manera, se busca expandir los cultivos de biomasa conocidas en el país y diversificar la canasta energética, dentro de un marco de producción eficiente y sostenible económica, social y ambientalmente, que permita competir en el mercado nacional e internacional.

Por otra parte, en el documento CONPES 3477 del 9 de julio del 2007, se explicita la “Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano”⁴⁰, cuyo objetivo general es incrementar la competitividad y la producción de la agroindustria palmera, de forma económica, ambiental y socialmente sostenible, donde se aprovechen las ventajas del país y el potencial de un mercado creciente, con el fin de ofrecer nuevas oportunidades de desarrollo, empleo y bienestar en las zonas rurales.

Además de estos lineamientos de política, la FEDEPALMA ha promovido un modelo de desarrollo agroindustrial incluyente, denominado “Alianzas productivas estratégicas” (APE). Consiste en arreglos institucionales con efectos positivos en la competitividad de la agroindustria, en la equidad redistributiva de los beneficios y en el acceso a los recursos productivos del sector.

Al 2008, la FEDEPALMA reportó resultados de las APE en 109 alianzas e involucra a 5391 pequeños productores. Incluso, se señala que en la presente década aproximadamente un 25% de las siembras nuevas de palma de aceite se habría realizado con pequeños productores organizados.

3.2. Institutos de investigación y desarrollo

El Cuadro 7.6 contiene el recuento de los proyectos de investigación y desarrollo en torno al tema.

³⁹Disponible en

<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3510.pdf>

⁴⁰Disponible en

<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3477.pdf>

Cuadro 7.6. Colombia: Principales instituciones y proyectos de investigación y desarrollo en materia de biodiésel.

Institución	Descripción del proyecto
Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia	Optimización de la producción de biodiésel la través de la transesterificación con etanol de tenera, un híbrido de palma africana con crecimiento en el país. Esta es una iniciativa público-privada. Interquim S.A. inició la investigación con financiación de Colciencias. El proyecto busca cubrir en un 30% la demanda nacional de biodiésel y requerirá 270 000 hectáreas adicionales de cultivo de palma y la creación de 70 000 empleos.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)	Introducción y evaluación de once variedades de higuera para la producción de biodiésel en ocho departamentos de Colombia, proyecto por un valor total de 750 millones. En el 2006 se obtuvieron los siguientes resultados: ⁴¹ Primera fase (2006): para clima medio y frío, las variedades nordestina y blanca jaspeada están obteniendo producciones de 2 t/h/año y porcentajes de aceite entre 45% y 50%. Para clima cálido, la variedad criolla roja con rendimientos alrededor de 1 t/ha/año y porcentajes de aceite similares.
CORPOICA	Evaluación de cultivares foráneos y generación de variedades colombianas de higuera para la producción de biodiésel y otros usos en la industria. Costo del proyecto Col\$2 059 270 000.
Incubadora de Empresas de Base Tecnológica de Antioquia (IEOTA)	Paquete tecnológico para la transferencia de sistemas productivos regionales de biocombustibles a partir de oleaginosas, principalmente higuera. Costo de la operación 2 008 600 000.
Universidad de Antioquia	Valoración de la glicerina obtenida en la producción de biodiésel - aceite de palma, costo del proyecto Col\$1 817 100 000.
CORPOICA	Determinación de las zonas con potencial biofísico e identificación de materiales genéticos para el establecimiento y desarrollo agroindustrial del piñón (<i>Jatropha curcas L.</i>) en la Guajira, Meta, Vichada, Antioquia y Tolima. Costo del proyecto: 1 315 410 000.
Universidad de Antioquia	Evaluación de la calidad del biodiésel obtenido de oleaginosas autóctonas palma, higuera, <i>Sacha inchi</i> y <i>Jatropha</i> . Costo del proyecto: 876 200 000.
Parque Tecnológico de Antioquia S.A. (PTA), Universidad de Antioquia, LST S.A. (<i>Life Systems Technology</i>), Universidad Católica de Oriente y Colombiana de Biocombustibles ⁴²	Programa biodiésel sostenible para Antioquia, desarrollo de la opción de <i>Jatropha curcas L.</i> : reforestación productiva de la cuenca del Río Negro mediante la propagación masiva de insumos para la producción de energía alternativa (<i>Jatropha</i>) y el sector panelero, (Centro Internacional de Física - CIF), costo del proyecto: 419 999 000.
Oleoflores S.A.	Se encuentran en curso cerca de nueve proyectos de producción de biodiésel a partir de aceite de palma en diversas regiones de la geografía nacional. En el Municipio de Codazzi en César, ya entró a operar una planta de producción con una capacidad de 50 000 toneladas de aceite procesado y con aproximadamente 20 000 hectáreas de palma de aceite.
ECOPETROL ⁴³	Otra de las plantas se construirá en Barrancabermeja con inversiones por US\$23 millones, que serán aportados

⁴¹ Datos disponibles en <http://www.miniagricultura.gov.co/archivos/BIOCOMBUSTIBLES%20SANTA%20MARTA.ppt>

⁴² Datos disponibles en http://www.parquepta.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=6

⁴³ Datos disponibles en <http://www.elpais.com.co/paisonline/notas/Septiembre092007/combustible.html>

Institución	Descripción del proyecto
	por partes iguales entre la Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL) y las empresas extractoras de aceite en el Magdalena Medio, involucradas en la Sociedad Ecodiésel Colombia.
CORPOICA	Construcción y validación técnica de una planta piloto para la producción de biodiésel en Tumaco (2 mil litros por día) a cargo de CORPOICA, con un costo total de 1750 millones de los cuales 1500 millones son aportados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
Universidad Nacional de Colombia ⁴⁴	<p>En una investigación desarrollada en la Universidad Nacional, en la Sede Manizales, se trabaja con dos materias primas: el aceite de palma y el aceite de higuera. En el análisis del proceso de producción, se aplicaron dos novedades. La primera se basa en reemplazar los catalizadores (sistemas que aceleran las reacciones bajo las cuales se produce el biodiésel), que normalmente son ácidos o básicos, por catalizadores de origen natural: enzimas extraídas de ciertos microorganismos u hongos. Las enzimas tienen un impacto positivo sobre la producción convencional, pero los investigadores hicieron unas modificaciones en ellas en el sentido de inmovilizarlas, es decir, situarlas en otro material, con el fin de poder utilizarlas varias veces en continuo. La tecnología tradicional se basa en utilizar la enzima por lotes y esta prácticamente se pierde con solo ser utilizada una vez.</p> <p>La otra novedad es el uso de procesos reacción-separación simultáneos como: extracción - reactiva, destilación-reactiva y biorreactor de membranas. Esto consiste en la realización del proceso de transformación y separación en un mismo equipo. Por otro lado, debido a la especificidad de las enzimas y al alto costo de la tecnología para separarlas de los microorganismos, se optó por utilizar enzimas que se encuentran en materiales nativos de caldas, localizadas en el látex que se extrae de la cáscara de papaya. Este material es mucho más económico y solo requiere algunos procedimientos para adecuarlo de tal manera que acelere la producción de biodiésel.</p>
Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (CENIPALMA) ⁴⁵	El CENIPALMA es una corporación privada sin ánimo de lucro constituida por los afiliados de la FEDEPALMA. En este momento cuenta con las siguientes divisiones de investigación, que trabajan para obtener una producción eficiente y sostenible de palma aceitera: Agronomía, Fisiología, Sanidad Vegetal, Manejo Integrado de Plagas, Manejo Integrado de Suelos, Usos y Procesos Industriales. En el sitio <i>web</i> www.cenipalma.org/inv.htm se puede encontrar una síntesis de los temas de investigación tratados en estas divisiones.
CENIPALMA - ECOPETROL - Sí 99 - FEDEPALMA	Doce buses articulados de Transmilenio se surtieron con biodiésel de palma mezclado con diésel fósil, en proporciones de 5, 10, 20, 30, y 50%. Cada uno de ellos recorrió 100 mil km, para un total de 1,2 millones de km de prueba. En este trayecto se revisó el consumo de combustible empleado y el desempeño de los automotores. Además, cada 50 mil km se inspeccionaron los sistemas de inyección. Hasta el momento, esta resulta ser la única prueba en el mundo realizada con biodiésel de palma a 2600 msnm y a una temperatura promedio de 14° C, con mezclas 50 - 50 de diésel - biodiésel de palma. El resultado fue que buses del operador Sí 99 del sistema masivo de Bogotá (Transmilenio) recorrieron con éxito más de 1 millón de km.

⁴⁴ Disponible en <http://unperiodico.unal.edu.co/ediciones/102/08.html>. Investigadores Colombianos "Le miden el aceite" al biodiésel.

⁴⁵ Disponible en www.cenipalma.org/inv.htm. Investigación realizada por Cenipalma.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

En Colombia actualmente se desarrollan importantes acciones de política con respecto a la producción de biodiésel, las cuales se enuncian en el Cuadro 7.7.

Cuadro 7.7. Colombia. Descripción de las principales acciones de política.

Acciones	Contenido
Ley 939 del 2004	<p>Se estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en motores de diésel, según los siguientes artículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Artículo 1°. Considerase exenta la renta líquida generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento en cacao, caucho, palma de aceite, cítricos, y frutales, los cuales serán determinados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La vigencia de la exención se aplicará dentro de los diez años siguientes a la promulgación de la presente ley. - Artículo 2°. La exención descrita en el artículo anterior será para la palma de aceite, cacao, caucho, cítricos y demás frutales por un término de diez años contados a partir del inicio de la producción. - Artículo 8°. El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores de diésel de producción nacional con destino a la mezcla con aceite combustible para motores (ACPM) estará exento del impuesto a las ventas. - Artículo 9°. El biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diésel de producción nacional que se destine a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto global al ACPM.
Última reforma tributaria	<p>El gobierno ha implementado incentivos tributarios y financieros orientados a la promoción de los biocombustibles. Mediante las leyes 788 del 2002 y 939 del 2004, se establecen exenciones tributarias, las cuales ascendieron a un valor de los US\$336 millones para el período comprendido del 2005 a marzo del 2008. Por el Decreto 383 del 2007, se han brindado incentivos para la implementación de cinco zonas francas para proyectos agroindustriales. La Ley 1111 del 2006 brinda la deducción de un 40% del impuesto de renta de las inversiones en activos fijos reales productos. El programa agro-ingreso seguro facilita instrumentos financieros como líneas de crédito blandas, en cuya cartera crediticia se han otorgado subsidios de la línea especial de crédito por US\$81 millones.</p>
Decreto Ministerio de Minas y Energía 2629 de 10 de julio del 2007	<p>Se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.</p> <p>Se establece un cronograma para ampliar la mezcla obligatoria de biocombustibles en 10% a partir de 1° de enero del 2010 y 20% a partir del 2012, así como la obligación de que a partir de del 1° de enero del 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor deben ser <i>flex - fuel</i> como mínimo al 20%, tanto para mezcla E-20 (80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de alcohol carburante), como para B-20 (80% de diésel de origen fósil con 20% de biocombustible).</p>
i. TLC Col – EE.UU.	<p>Desde la hora cero, los biocombustibles colombianos entrarían al mercado americano sin ninguna restricción ni aranceles.</p>
Establecimiento de un Fondo de Capital Semilla	<p>Con un capital inicial de US\$30 millones de dólares para el impulso al desarrollo de proyectos de biocombustibles en el país, en el cual hacia el futuro es fundamental la participación del sector privado. El fondo</p>

	participaría como capital de riesgo en el desarrollo de proyectos en ciertas áreas del país, tal como hoy ya lo hace en un proyecto de producción de alcohol carburante, a partir de yuca en el departamento de sucre en su etapa de factibilidad o como financiación y respaldo de algunos otros que tienen problemas de cierre financiero.
--	--

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

En el Cuadro 7.8 se resumen las principales regulaciones relacionadas con el biodiésel en Colombia y se incluye aquella que especifica una mezcla obligatoria del 5% para enero del 2008.

Cuadro 7.8. Colombia. Descripción de las principales regulaciones vigentes en el país.

Acciones	Contenido
Ley 939 de 2004: Artículo 7º	El combustible diésel ACPM que se utilice en el país podrá contener biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diésel en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía, y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
Gobierno Nacional	Entre otros, se crearon los siguientes comités: Comité de calidad y mezclas de los biocombustibles por ser usados en motores diésel, el Comité de logística (producción, transporte, mezcla y distribución del biocombustible y sus mezclas con diésel), el Comité de materias primas, y el Comité de incentivos y beneficios ambientales.
Resolución n.º 1289 de setiembre del 2005	Se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, en el sentido de regular los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Se estableció que al ACPM se le mezclará un 5±0,5% de biocombustible para uso en motores diésel. Por ello en la determinación del ingreso al productor de la mezcla resultante, es esencial tener en cuenta tal consideración.
Resolución 18 1780 de 2005, modificada por la Resolución 18 0212 del 2007 (Ministerio de Minas y Energía)	Se definió una banda de precios que toma el mayor valor entre los costos de oportunidad de las materias por utilizar en la producción del biodiésel y el costo de oportunidad del ACPM de origen fósil, además de la garantía en la recuperación de las inversiones en ambos casos (factor de producción eficiente). Se estableció un ligamen del precio interno biodiésel a precio internacional del diésel y del aceite crudo de palma
Resolución 180782 / 07: (calidad ⁴⁶)	Las normas técnicas de biodiésel tomaron como base las que han sido desarrolladas en EEUU y la UE. Sin embargo la especificación técnica de punto de nube y estabilidad de oxidación solo se deben "reportar", dado que el biodiésel provendría de la palma africana, cuyo punto fluidez es de 30°C. Esta resolución derogó la Res. 1289 / 05 y lo pertinente a diésel en la Res. 1180 / 06.
Resolución 180212 / 07	Se modifica parcialmente la Resolución 181780 del 29 de diciembre del 2005, en relación con la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diésel. Se ajustaron algunos ítems para incrementar el precio (ingreso al productor) y propiciar la mezcla a partir de enero del 2008.
Proyecto de Ley 09 (set. de 2007)	Se autoriza la importación de metanol por el Puerto de Santa Marta.
Proyecto de ley 113 de 2006	Se expiden normas sobre biocombustibles renovables, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.
Proyecto de Ley 2005 (en trámite en el Congreso)	Se expiden normas sobre biocombustibles renovables de origen biológico para motores diésel, y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.

⁴⁶ Datos disponibles en

<http://www.upme.gov.co/Upme12-2007/Upme13/Mercado%20de%20Biocombustibles.pdf>

Acciones	Contenido
Proyecto de Ley 125 de 2005	Se estipula la exención tributaria a alcoholes carburantes para gasolina.
Decreto 3492 de 2007	Para efectos fiscales, las mezclas de diésel de origen fósil ACPM con los biocombustibles de origen vegetal o animal, para motores diésel incluidos en la Ley 939 del 2004, no se considerarán como procesos industriales o de producción.
Decreto 2594 de 2007	Se reglamenta el Artículo 10 de la Ley 1133/07 y se establece un fondo de capital de riesgo, cuyos recursos no formarán parte del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO) y cuyo objetivo será apoyar iniciativas productivas y proyectos de biocombustibles.
Decreto 2629 de 2007	Se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.
Programa Nacional de Biocombustible	De acuerdo con la Ley 939 de 2004, se especifica que el uso de biocombustible para Colombia con la fórmula B5 (5% de biodiésel con 95% de gasolina) es obligatorio desde enero del 2008 (datos disponibles en la dirección electrónica www.culturaemedellin.gov.co lv).

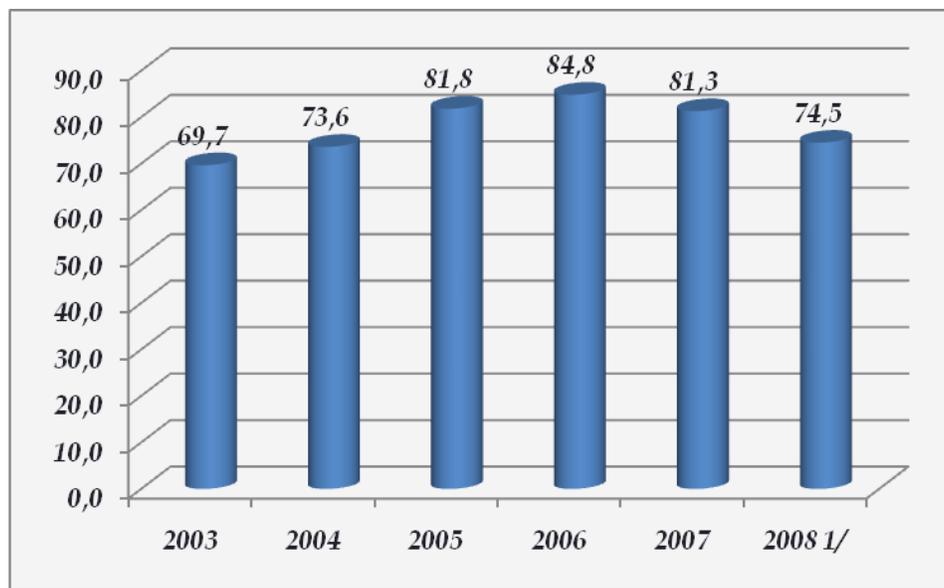
5. Aspectos potenciales

5.1. El consumo de diésel

Durante el período comprendido entre el 2003 y el 2008, el consumo mensual de diésel ha registrado una participación histórica de un 38,6% con respecto al consumo mensual total de combustibles y una tasa media de crecimiento anual de un 1,4% promedio anual para este mismo período.

El consumo de diésel en Colombia se muestra en la Figura 7.5.

Figura 7.5. Colombia. Consumo mensual de diésel en el período 2003 - 2008 (miles de barriles / día calendario).



Nota: 1/ Promedio de enero-julio con estimaciones a mayo-julio.

Fuente: Elaboración de Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Subdirección de Información, con datos de ECOPETROL, Estadística Mensuales de la Industria Petrolera y Ministerio de Minas y Energía.

5.2. Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel

Ante un posible escenario de consumo de aceite de palma que incluya al segmento de uso para biodiésel, se deberá habilitar el abastecimiento en tiempo, oportunidad y calidad suficiente como para satisfacer las metas propuestas de mezcla de biodiésel con combustible fósil.

El 2008 considerado como año base de este escenario permite anticipar el comportamiento de los siguientes años inmediatos hasta el 2011. En el 2008 entró en plena operación una planta de biodiésel de aceite de palma, con capacidad de 50 mil t/año y se ha avanzado en la construcción de cinco a seis más de conformidad con la cifras de capacidades instaladas mostradas en el Cuadro 7.9.

La FEDEPALMA demostró recientemente las posibilidades del sector para atender los diversos segmentos de consumo, incluido el de consumo, exportación e incluso biodiésel, como se detalla en el Cuadro 7.9.

Cuadro 7.9. Colombia. Estimación de la participación de mercado para el aceite de palma en el escenario 2008 - 2011 (miles de toneladas).

Año	Participación según segmento de mercado			Total
	Consumo ^{1/}	Biodiésel	Exportación	
2008	413	40	128	581
2009	423	243	192	858
2010	433	502	76	1011
2011	444	518	124	1086
Participación 2008 - 2011	48,4%	36,9%	14,7%	100,0%
TMC 2008 - 2011	2,4%	134,8%	-1,0%	23,2%

Nota: 1/ Segmento de consumo constituido por el mercado tradicional de alimentos y jabonería.

Fuente: Mesa 2009.

El ingreso del segmento de uso de aceite de palma para biodiésel genera una significativa participación del 36,9% para el escenario 2008–2011, donde el crecimiento de este segmento se ubicaría en un 134,8% promedio anual (tasa media de cambio 2008 – 2011), sin mayor detrimento para el segmento de uso del mercado tradicional de alimentos y jabonería.

Este nuevo balance de uso del aceite de palma sería posible si se considera que la producción de aceite de palma crecería en un 23,2% anual y si los planes de negocios para la exportación se ajustan a los nuevos requerimientos internos de uso del aceite.

De la misma forma, las superficies de siembra y la producción agrícola serían dinamizadas o impactadas ante este nuevo escenario, ya que el sector palmero colombiano está conformado por una cadena de agregación de valor que debe responder a la nueva configuración del mercado de aceite de palma.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia ha estimado un potencial de 3,3 millones de hectáreas para la siembra de palma aceitera. Este potencial se distribuye entre cuatro zonas con tradición y dotación agrícola para la siembra, con un posible impacto sobre la generación de empleo, conforme se muestra en el Cuadro 7.10.

Cuadro 7.10. Colombia. Empleo actual y estimado en función del área potencial de palma aceitera.

Zona	Áreas de cultivo (en miles de ha)		Empleos actuales (en miles)	Empleo estimado en función del área potencial (en miles)		
	Sembrada	Potencial		20%	50%	100%
Central	91,2	693,1	24,6	37,4	93,6	187,1
Norte	111,7	579,5	30,2	31,3	78,2	156,5
Occidente	39,9	66,9	10,8	3,6	9,0	18,1
Oriental	121,5	1 933,8	32,8	104,4	261,1	522,1
Total	364,3	3 273,3	98,4	176,8	441,9	883,8

Notas: 1/ El área potencial no incluye “otras áreas”, estimadas en 226,7 miles de hectáreas.

2/ El empleo se calcula con un índice de 0,27 empleos por hectárea (incluye empleo agrícola e industrial). Los empleos generados con el aumento del área corresponden a empleos adicionales a los actuales. Los posibles aumentos de área están expresados en proporciones porcentuales con respecto al área potencial de cultivo, total y por zonas.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CORPOICA- CENIPALMA.

Las superficies de siembra y las cantidades de demanda de aceite de palma han sido proyectadas para diversas mezclas de biodiésel con combustible fósil. Los resultados muestran que se requerirían 66,4 miles de hectáreas y 236,4 miles de toneladas, respectivamente, para satisfacer un B5.

Estas proyecciones coinciden con el escenario propuesto para el 2008–2011, pues para el año 2009 se esperaría que la oferta de 243,0 miles de toneladas supere la demanda estimada para un B5 de 236,4 miles de toneladas.

La proyección de demanda de B10 requeriría de 472,8 miles de toneladas y la posible oferta establecida en el escenario para el año 2010 ascendería a las 502,0 miles de toneladas de aceite de palma, conforme se muestra en el Cuadro 7.11.

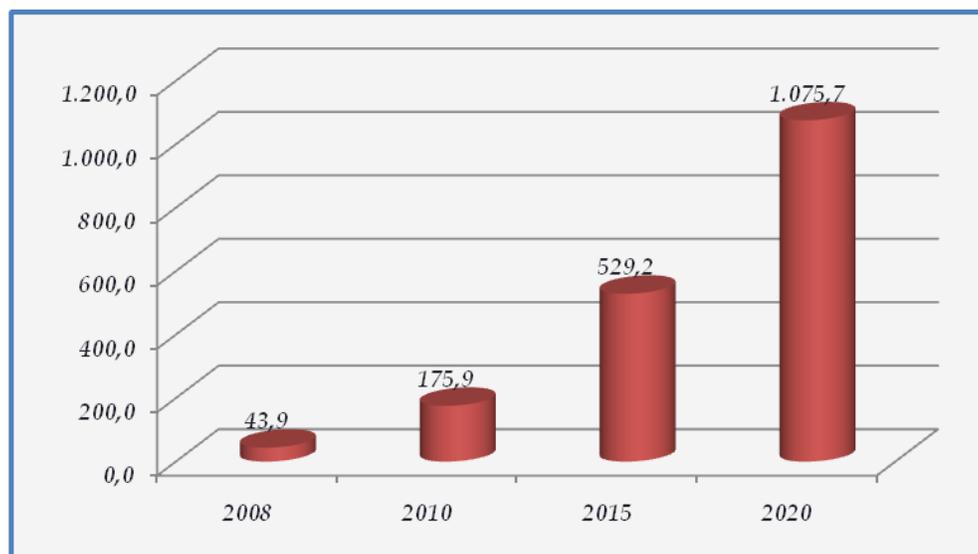
Cuadro 7.11. Colombia. Demanda de biodiésel en función de la mezcla.

Mezcla	Área de siembra (miles de ha / año)	Producción de aceite de palma (miles de t / año)
B5	66,4	236,4
B10	131,3	472,8
B15	197,0	709,3
B20	262,7	945,7

Fuente: Mesa 2009.

Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía de Colombia proyectó la demanda de biodiésel 2008–2020, mediante la cual se puede derivar la solicitud de materias primas para atender la demanda interna en función de las metas propuestas de mezcla, del 5%, 7% y 10%, respectivamente, como se muestra en la Figura 7.6.

Figura 7.6. Colombia. Demanda proyectada de biodiésel en el período 2008–2020 (miles de toneladas).^{1/}



Nota: 1/ Peso específico del biodiésel = 0,859 m³ / t; a 15° C.

Fuente: Vera 2009.

En dicho escenario, el año 2008 tomado como base registró precios récord en la materia prima, lo cual influyó en que los precios del biocombustible fueran superiores a los precios del diésel de origen fósil. Esta situación incidió sobre una virtual carencia de materias primas disponibles para atender la demanda interna de 43,9 miles de toneladas

de biodiésel contra una oferta total de 40,0 miles de toneladas de aceite de palma (Cuadro 7.12).⁴⁷

El reto y desafío subyacente, para los siguientes años del escenario propuesto de demanda de biodiésel, será garantizar la confiabilidad en el suministro, en vista de que el sector de los combustibles exige un suministro de 24 horas al día y 365 días al año. Este desafío plantea la necesidad, entre otros aspectos, de:

- ✓ Lograr la sostenibilidad de las fórmulas de precios actuales del biodiésel.
- ✓ Priorizar el manejo de inventarios de materias primas para los períodos de invierno y menor disponibilidad de materias primas.
- ✓ Consolidar las capacidades instaladas de las plantas de biodiésel en operación y en construcción.
- ✓ Consolidar el marco regulatorio.
- ✓ Desarrollar estudios adicionales sobre el uso de las mezclas en diferentes porcentajes.

5.3. Fuentes potenciales de aceite

De acuerdo con la presentación del Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural en el Seminario Internacional Biocombustibles, Potencia de Colombia, en setiembre del 2007, en la actualidad existen cerca de 6,50 millones de hectáreas disponibles para la producción de biocombustibles en el país, de las cuales 3,27 millones serían potenciales para el cultivo de oleaginosas (Cuadro 7.12).

La palma africana es el cultivo de mayor rendimiento para los biocombustibles y permite una producción de 5500 litros de biodiésel por hectárea al año y le sigue el cocotero con 4200 litros.

Cuadro 7.12. Rendimiento de biodiésel por fuente de origen.

Cultivo	Rendimiento (litros / ha /año)
Palma	5 550
Cocotero	4 200
Higuerilla	2 600
Aguacate	2 460
Jatropha	1 559
Colza	1 100
Maní	990
Girasol	890
Soya	840

Fuente: Arias 2007.

⁴⁷ El peso específico del aceite de palma es de 0,92 m³/t y el de biodiésel es de 0,859 m³/t.

1. Producción de biodiésel
 - 1.1. Aspectos comerciales
 - 1.2. Aspectos ambientales
 - 1.2.1 Reducción de efectos tóxicos de biodiésel US EP
 - 1.3. Costo de producción de biodiésel
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. Principales fuentes vegetales
 - 2.1.1. *Elaeis guineensis* (palma africana/aceitera)
3. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel
 - 3.1. Iniciativas públicas o privadas
 - 3.2. Institutos de investigación y desarrollo
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel
 - 4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. Consumo de diésel
 - 5.2. Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel
 - 5.2.1. Fuentes potenciales de aceite con origen vegetal
6. Instituciones vinculadas

1. Producción de biodiésel

La producción de biodiésel en Ecuador es incipiente. Una única empresa, La Fabril, realiza la producción y exportación de biodiésel en el país. Sus operaciones iniciaron en el ciclo agrícola 2005-2006 con aceite de palma para la materia prima.

El biodiésel que se produce en el Ecuador no puede competir con el derivado del petróleo (petrodiésel), el cual tiene un fuerte subsidio del Estado. Se estima que su producción comienza a ser rentable al nivel internacional (competitivo) si el costo del barril de petróleo sobrepasa los US\$80, es decir, la racionalidad económica de la producción para exportación de biodiésel se relaciona con:

- El precio del petróleo.
- El precio de la materia prima (aceite de palma y otras fuentes).

- El precio y consumo de combustibles (petrodiesel). El precio de este último tiene un fuerte subsidio (US\$2 600 000/ año) (2).

1.1. Aspectos comerciales

El mayor mercado corresponde a EE.UU, pero hay potencial de diversificar las exportaciones al mercado europeo.

No existe calificación arancelaria que permita la exportación de biodiesel con partida propia, lo cual impide evaluar adecuadamente si la desgravación acelerada de acuerdo con el mandato de la Ronda de Doha párrafo 31 “bienes y servicios ambientales” es conveniente.⁴⁸ De la evidencia analizada, no hay aún barreras comerciales a la exportación ecuatoriana.

La producción de biodiesel tiene potencial de convertirse en una fuente generadora de empleo agrario/rural, ya que existen aproximadamente 1,5 millones de hectáreas cultivables. También se dispone de pequeños y medianos productores en la cadena del aceite de palma, por lo que se estima que futuras inversiones podrían generar 43,5 mil nuevos empleos (24,2 miles de empleos indirectos). (4)

1.2. Aspectos ambientales

En la actividad palmácea se evidencia presión sobre los bosques nativos en algunas zonas del país. Esto ha generado críticas de los sectores ambientalistas, pues Ecuador ocupa el noveno lugar de los países deforestados, debido principalmente a la actividad maderera. A pesar de que los impactos ambientales de la industria aceitera se han venido regulando, aún siguen siendo significativos.

1.2.1. Reducción de efectos tóxicos de biodiesel US EP

- ✓ Las emisiones de formaldehído y acetaldehído son 30% más bajas que el diésel de petróleo.
- ✓ Las emisiones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, del inglés *polycyclic aromatic hydrocarbons*) y NPAH (*nitroated PAH's*) se reducen en más de 85% (4).

⁴⁸ El párrafo 31 (iii) de la Declaración de Doha estableció el mandato negociador para la liberalización y/o reducción de barreras tarifarias y no tarifarias de los bienes y servicios ambientales (BSA), entre ellos, los biocombustibles, los cuales deben necesariamente pasar por la reglamentación en el ámbito de la OMC para alcanzar un nivel de *commodity* energético con alcance mundial.

1.3. Costo de producción de biodiésel

De acuerdo con estimaciones recientes de La Fabril, el costo de producción del biodiésel a partir de la palma aceitera supera los US\$1000/t, de los cuales el 76% se debe al costo de la materia prima (Cuadro 8.1). Es claro que el costo del biodiésel estará en función del costo del cultivo que da origen al aceite vegetal que se usa en su producción.

Cuadro 8.1. Ecuador. Estructura del costo de producción biodiésel.

Rubros de materia prima	Consumo t de materia prima/t de biodiésel	Costo US\$/t materia prima	Costo US\$/t biodiésel	Participación/costo total (%)
Aceite vegetal (<i>Palma africana</i>)	1,0458	770,00	805,27	76,3
Metanol	0,1400	400,00	56,00	5,3
Catalizador	0,0140	990,80	13,87	1,3
Valor de transf.	--	--	180,00	17,1
Costo total (ex-fábrica)			1055,14	100,0

Fuente: La Fabril (5).

En el Proyecto ERGAL se han estimado los siguientes costos de producción de biocombustibles, incluido el biodiésel.

Cuadro 8. 2. Ecuador. Comparación de precios de diferentes biocombustibles en el proyecto ERGAL.

Biocombustible	Precio en US\$/galón		Peso específico (t/m3)	Precio en US\$/t	
	Sin incluir costo de transporte	Incluyendo costo de transporte		Sin incluir costo de transporte	Incluye costo de transporte
Oleína de palma	3,40	4,29	0,92	976,39	1 231,98
Piñón	2,76	3,65	0,92	792,60	1 048,19
Biodiésel	4,80	5,29	0,86	1 474,61	1 625,14

Fuente: ERGAL (8).

2. La materia prima. La producción de aceite

La producción de biodiésel como combustible en el país solo puede provenir del aceite de palma africana (*Ellaeis guineensis*), debido a las condiciones agroecológicas y a la capacidad instalada para el procesamiento y la comercialización (5). Se estima que la producción de palma aporta a la economía del país el 15,2% del PIB agrícola y 1,4% del PIB total.

2.1. Principales fuentes vegetales

2.1.1. *Elaeis guineensis* (palma africana/aceitera)

Dado que la *Elaeis guineensis* es un cultivo perenne, las cifras anuales deben reconocer entre la superficie sembrada de ese año, la superficie total acumulada y la superficie cosechada. El área cultivada con palma en Ecuador se incrementa cada año. Así, el área cubierta con palma africana fue de 72,2 miles de hectáreas en 1995 y las plantaciones llegaron a cubrir un área de 224,0 miles de hectáreas en el 2007 (Cuadro 8.3). Se estima que en Ecuador existen aproximadamente 1500 miles de hectáreas con potencialidad para el cultivo de la palma (2).

La palma africana/aceitera se cultiva en 11 de las 23 provincias; de ellas, Pichincha, Esmeraldas y los Ríos representan casi el 70% de producción nacional.

Cuadro 8.3. Ecuador: Evolución de la superficie y la producción de palma.

Año	Superficie sembrada (miles ha)	Superficie acumulada (miles ha)	Superficie cosechada (miles ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción de fruta fresca FF (miles de t)	Producción de aceite (miles de t)
2000	24,8	153,6	96,9	11,5	1 110,98	222,2
2001	22,6	176,2	112,2	9,2	1 026,98	205,4
2002	13,9	190,1	178,9	6,7	1 190,63	238,1
2003	7,6	197,8	153,6	8,5	1 309,66	261,9
2004	4,7	202,5	176,2	7,9	1 395,76	279,2
2005	4,8	207,3	190,1	8,4	1 596,69	319,3
2006	6,5	213,7	197,8	8,6	1 708,56	352,1
2007 a/	10,3	224,0	202,5	9,8	1 981,51	396,3

Nota: a/ Estimado

Fuente: Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA) - Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional (FEDEPAL).

La cadena de la palma en Ecuador también cuenta con gran experiencia, pues se cultiva comercialmente desde la década de los sesentas con un alto nivel de organización. Sus instituciones promueven la capacitación, transferencia tecnológica, investigación y promoción del cultivo a lo largo de la cadena. Además, su cultivo se destaca por su importancia social en el país.

Según el último censo de palmicultores (2005), existen alrededor de 5500 productores de palma en el país, de los cuales la mayoría corresponde a pequeños palmicultores con una extensión no mayor a 50 hectáreas y apenas nueve superan las 1000 hectáreas.

Con respecto a la producción de aceite de palma, el país cuenta con capacidad instalada para producir palma africana (ventaja natural) y capacidad industrial creciente para procesarlo en aceite. El Ecuador es el segundo país productor de aceite de palma en América Latina después de Colombia (Cuadro 8.4).

Cuadro 8.4. Participación en la producción mundial de aceite de palma.

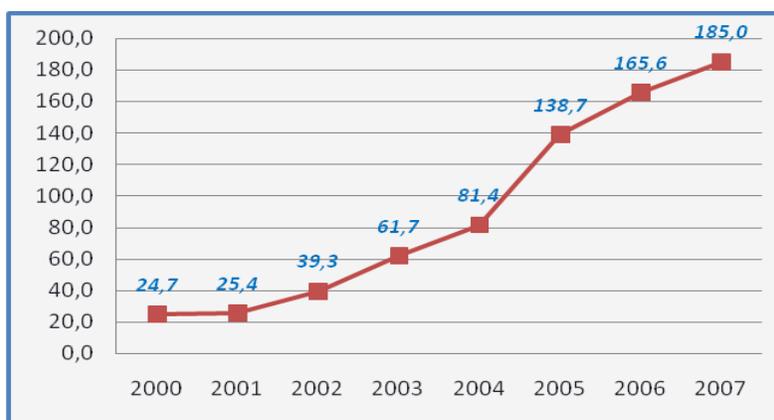
País	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Participación histórica 2002-2008
Malasia	11 908	13 354	13 974	14 961	15 881	15 823	17 424	43,8%
Indonesia	9 370	10 600	12 380	14 100	16 050	16 900	18 360	41,5%
Tailandia	600	690	735	700	860	1 020	1 123	2,4%
Nigeria	775	785	790	800	815	835	850	2,4%
Colombia	528	527	632	673	713	735	832	2,0%
Ecuador	238	262	279	319	352	396	406	1,0%
Papúa N. Guinea	316	326	345	310	365	384	400	1,0%
Costa de Marfil	265	240	270	320	320	320	328	0,9%
Otros	1 407	1 474	1 580	1 665	1 766	1 896	2 004	5,0%
Total	25 407	28 258	30 985	33 848	37 122	38 309	41 727	100,0%

Fuente: FEDEPAL, con base en *Oil World*.

Por otra parte, Ecuador cuenta con condiciones climatológicas óptimas para el cultivo de palma aceitera. El área plantada, la producción y la capacidad de procesamiento se encuentran en expansión y se dispone de excedentes exportables crecientes (43% de la producción de aceite en el 2007).

Aunque la producción de aceite de palma creció del 2002 al 2007 a un ritmo anual del 9,3%, la exportación lo hizo al 32% en el mismo período (Figura 8.1), quizás impulsada por el crecimiento de los precios que pasaron en ese período de US\$350 a US\$800 la tonelada en el 2007. El país exporta un 40% de los excedentes de aceite de palma y su crecimiento es sostenido (4).

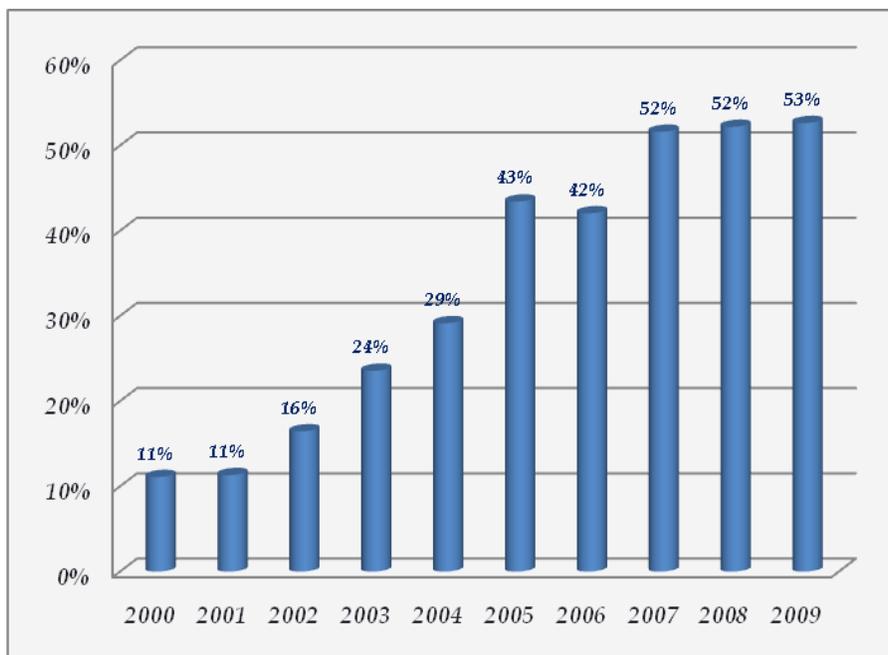
Figura 8.1. Ecuador. Desempeño de las exportaciones de aceite de palma 2000-2007 (miles de toneladas)



Fuente: FEDEPAL.

En el 2006 se obtuvo un excedente exportable de 42% de la producción nacional. Se estima que para el 2010 habrá un excedente que bordeará el 65% (Figura 8.2).

Figura 8.2. Ecuador. Evolución de los excedentes de producción de aceite de palma 2000–2007 (porcentajes de excedentes con respecto a la producción total).



Fuente: FEDEPAL.

3. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel

3.1. Iniciativas públicas o privadas

Además de las iniciativas gestionadas por *La Fabril*, el Ministerio de Energía creó el Programa Nacional de Biocombustibles, con el objetivo de impulsar su uso entre la población. Este y otros programas se describen en el Cuadro 8.5.

Cuadro 8.5. Ecuador: Programas para impulsar la producción y uso del biodiésel.

Programa	Descripción
Programa Nacional de Biocombustibles	<p>A través de este programa el gobierno ecuatoriano desea implementar un programa de biocombustibles con caña de azúcar para la producción de etanol y palma africana para la producción de biodiésel. Para ello se necesitará una importante expansión de los dos cultivos. Entre sus objetivos se cuentan:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cumplimiento de Compromiso de Kioto Reducción de la contaminación ambiental de combustibles fósiles Incremento del uso de biocombustibles – Mejorar la calidad del aire Reducción de emisiones al efecto invernadero (CO, CO₂, SO_x) Reducción de daños a la capa de ozono – Mejorar la calidad de los combustibles Reducir el contenido de aromáticos (bencenos, oleínas, y azufre)

Programa	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la importación de combustibles Gasolinas, diésel 2 - Fomentar el desarrollo de nuevas agroindustrias Nuevos cultivos para incrementar la producción de alcohol carburante y aceites vegetales Nuevas biorefinerías de bioetanol y biodiésel Nuevas plazas de trabajo - Programa de formulación de diésel 2 con biodiésel para el sector automotriz (6) Plan piloto (aún no se define la ciudad) Plan nacional - Programa de formulación de diésel 2 con biodiésel para otros sectores (Ministerio de Energía)
Programa de Electrificación (5) 8.	<p>Dirección de energías renovables y eficiencia energética Misión Proceso de energías renovables Promover e impulsar las energías renovables no convencionales Promover e impulsar el uso racional y eficiente de la energía</p> <p>Objetivos Identificar los sitios idóneos donde se pueda instalar energía convencionales Involucrar a Universidades como entes de investigación y desarrollo en el área de energías renovables con eficiencia energética Concienciar a la ciudadanía Ecuatoriana en el uso racional de la energía Plan Nacional de Energías Renovables Crear la ley que beneficie el uso racional de energía y producir generación eléctrica con energías renovables no convencionales.</p>

Nota: Además del programa estatal, existen otras iniciativas para utilizar tierras semiáridas de la provincia de Manabí con un proyecto que plantea establecer entre 50 000 ha y 100 000 ha de higuera, y piñón.

Fuente: Oficina del IICA en Ecuador.

3.1. Institutos de investigación y desarrollo

En el Cuadro 8.6 se citan y describen los centros de investigación que coadyuvan al mejoramiento de la producción de palma africana y biodiésel.

Cuadro 8.6. Ecuador: Descripción de los principales centros de investigación y sus proyectos.

Institución	Descripción
Centro de Investigaciones de la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana (ANCUPA)	Se encarga de la investigación agronómica e innovación de tecnología de producción de palma africana, así como de procesos de post-cosecha y cosecha; además, ha implementado un programa intenso de transferencia de tecnología con extensionistas especializados.
Palmar del Río	Es una agroindustria que ha realizado investigaciones sobre nuevos materiales de palma africana y produce biodiésel a nivel de laboratorio.
Centro de Investigación y Desarrollo La Fabril	Este centro de carácter privado efectúa estudios e investigaciones de los procesos de industrialización de oleaginosas, análisis de aceites comestibles. También realizó toda la investigación de la producción de biodiésel. Es la única empresa que produjo y exportó biodiésel de aceite de palma africana hasta el 2006.

Institución	Descripción
	Es una joven compañía, cuyo historial de exitosos logros lo ubican como pionera en la industrialización de las oleaginosas en el Ecuador. Entre los hitos de esta industria, se destacan: la creación de su propio centro de investigación y desarrollo en 1990; el establecimiento de un centro experimental con “DeSmet” para el desarrollo de nuevas tecnologías; y ser pionera en la exportación de biodiésel de aceite de palma africana a los EEUU. La Fabril es un nuevo <i>holding</i> de comercio internacional, lo que le presta facilidades para la exportación de sus productos, incluido el biodiésel (5).
Escuela Politécnica Nacional (EPN)	Las facultades de Ingeniería y Química realizaron una primera investigación sobre extracción y cuentan con la infraestructura necesaria para realizar trabajos de investigación y pruebas en las fases de extracción de aceite, pruebas mecánicas e identificación de propiedades físicas y químicas.
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)	Realiza actualmente la investigación de <i>Jatropha curca</i> en sus fases preliminares. También está generando tecnologías para convertir al piñón en cultivo y en el manejo de la planta en las cercas vivas.
Servicio Alemán de Cooperación Social y Técnica	Realizó estudios de bioenergía para la generación eléctrica en galápagos y mantiene un proyecto regional andino de producción de aceites vegetales para biocombustibles.

Fuente: Oficina del IICA en Ecuador.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

Para promover el uso de los biocombustibles, el Ministerio de Energía ha creado el Programa Nacional de Biocombustibles. Se desea implementar con base en la caña de azúcar para la producción de etanol y con base en la palma africana para la producción de biodiésel. Para su ejecución, se necesita una importante expansión del área cultivada con los dos productos.

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

Cuadro 8.7. Ecuador: Descripción de las principales regulaciones existentes en el país.

Regulaciones	Descripción
Art 67 del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas	En la producción de combustibles, la calidad podrá ser mejorada mediante la incorporación de aditivos en refinerías o terminales. Se preferirá y fomentará el uso de aditivos oxigenados, como el etanol anhidro a partir de materia prima renovable.
Decreto Ejecutivo n.º 2332. R.O. n.º 482 (15 de diciembre del 2004)	Se establece como política de Estado la explotación racional de hidrocarburos que se regirá, entre otros, por principios de incentivo al desarrollo científico y tecnológico del sector hidrocarburífero con activa participación de la industria nacional Los principios de desarrollo son: que las actividades hidrocarburíferas sean sustentables, promuevan la autosuficiencia energética del país, que contribuyan a dinamizar la producción agropecuaria y el empleo productivo, tanto agrícola como industrial. A su vez, se declara como condición necesaria para el desarrollo de la actividad

Regulaciones	Descripción
	<p>hidrocarburífera, el establecimiento de políticas y mecanismos de concertación y coordinación entre el sector público y privado vinculados a la producción y comercialización de biocombustibles:</p> <p>Artículo 1.- Con el objeto de reducir la contaminación ambiental, fomentar la generación de empleo mediante el desarrollo agropecuario y agroindustrial y disminuir la dependencia de las importaciones de combustibles y reemplazarlos con compuestos oxigenados provenientes de materia prima renovable, declárese de interés nacional la producción, comercialización y uso de biocarburantes como componente en la formulación de los combustibles que se consumen en el país, así como la producción agrícola destinada a la preparación de biocarburantes.</p> <p>Artículo 2. La producción, distribución y comercialización de biocarburantes serán de libre competencia y, por consiguiente, podrán participar en ellas las personas naturales y jurídicas de carácter público y privado, en igualdad de condiciones. La producción de biocarburantes será destinada a satisfacer la demanda interna de combustibles.</p>
Decreto Ejecutivo n.º 146. R.O. n.º 39 (12 de marzo del 2007)	Artículo 1: Crea el Consejo Nacional de Biocombustibles con la misión de definir políticas, planes y proyectos relacionados con la producción, manejo, industrialización y comercialización de bicombustibles.

Fuente: Oficina del IICA en Ecuador.

5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

El país produce un poco más de la mitad (52%) del total de diésel consumido e importa el restante 48%. La producción anual de diésel en la refinerías del país es de aproximadamente 14 millones de barriles/año y la demanda anual constituida por los sectores, automotriz, eléctrico, industrial y pesquero es de aproximadamente 25 millones barriles/año. El déficit lo cubre la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador (PETROECUADOR) mediante importaciones.

El precio de gasolina, gas y diésel es subsidiado. En el Cuadro 8.8 se presentan los precios unitarios de las importaciones de diésel del 2004 al 2009.

Cuadro 8.8. Ecuador: Precios unitarios de las importaciones de diésel del 2004 al 2009.

Año	Precio C&F ^{1/}	
	(US\$/barril)	(US\$/tep) ^{2/}
2004	53,38	357,11
2005	79,82	534,00
2006	87,51	585,44
2007	89,58	599,29
2008	111,60	746,60
2009	66,91	447,63

Notas:

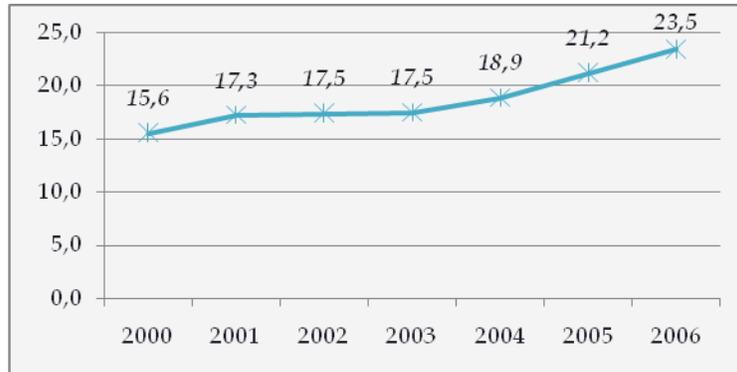
1/ No incluye valor del IVA, gastos operacionales, pago de tributos por nacionalización del producto en aduanas, valor de pago a la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI) y costo de seguro que son aproximadamente del 14,5%.

2/ De acuerdo con la *International Energy Agency* (IEA): 1 tep (tonelada equivalente de petróleo) ~ 6,69 barriles.

Fuente: Reportes de importación de diésel provenientes de la Gerencia de Comercio Internacional PETROECUADOR.

La venta nacional de diésel en Ecuador ha mostrado una tasa media de crecimiento anual de 7,1%, durante el período 2000 - 2006, como se muestra en la Figura 8.3.

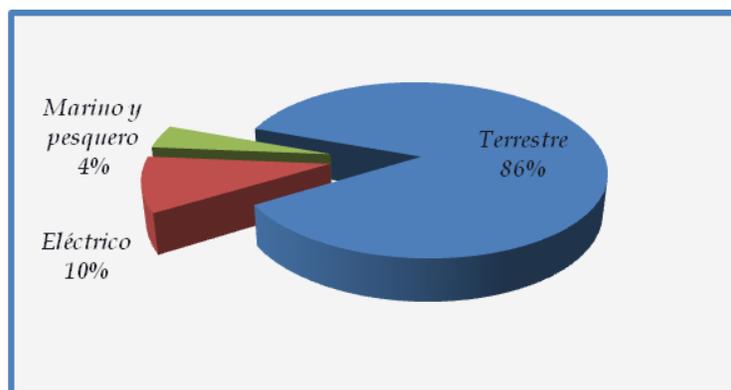
Figura 8.3. Ecuador. Venta nacional de diésel en el período 2000 - 2006 (en millones de barriles).



Fuente: Estadísticas de planificación de PETROECUADOR. Unidad de Programación y Planificación, Petrocomercial.

Con base en la participación por sector de consumo en las ventas nacionales, el sector eléctrico ha evidenciado un fuerte dinamismo en la demanda con un crecimiento medio anual de 18,6% para el mismo período del 2000 al 2006. A su vez, este sector ha consolidado una participación histórica de un 10% con respecto a las ventas totales de diésel, que únicamente es superado por el sector de ventas terrestres de diésel. Este último ha tenido una participación del 85,8%, como se muestra en la Figura 8.4.

Figura 8.4. Ecuador. Participación histórica 2000 - 2006 por sector en las ventas nacionales de diésel.



Fuente: Estadísticas de Planificación de Petroecuador. Unidad de Programación y Planificación, Petrocomercial.

5.2. Posibilidades de expandir la oferta de biodiésel

5.2.1. Fuentes potenciales de aceite con origen vegetal

En Ecuador se cultivan varias oleaginosas de las que se extraen aceites vegetales, cuyas propiedades y rendimientos permiten convertirlas en biocombustibles.

Cuadro 8.9. Ecuador: Fuentes potenciales de biodiésel de origen vegetal.

Cultivo	Nombre científico	Rendimiento agrícola potencial (t/ha)	Contenido de aceite	Producción de aceite (t/ha)
Palma africana	<i>Eleaéis guineensis</i>	15,0	23,5%	3,50
Piñón	<i>Jatropha curcas</i>	5,0 ^{a/}	35,0%	1,75
Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>	1,0	40,0%	0,40
Soya	<i>Glycine max</i>	1,5	20,0%	0,30
Girasol	<i>Helianthus anuus</i>	2,0	37,5%	0,75

Nota: a/ En la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, se reporta un rendimiento máximo potencial de las 5 t de semillas de piñón por hectárea (Mendoza, E. Biocombustibles a la venta desde el 2009. 23 ago. 2008. Disponible en <http://www.eluniverso.com-2008/08/23/0001/71/AFCB34511C364BF89077301E278CB42E.html>

Fuente: Oficina del IICA en Perú con base en ANCUPA.

El volumen de biodiésel que se obtiene por hectárea depende del tipo de cultivo que da origen al aceite vegetal, y es la palma africana el de mayor rendimiento, como puede apreciarse en el Cuadro 8.10.

Cuadro 8.10. Ecuador: Rendimiento de biodiésel por fuente de origen (l/ha).

Cultivo	Rendimiento de biodiésel (l/ha)
Soya	420
Girasol	890
Maní	990
Colza	1 100
Coco	2 510
Palma africana	5 550

Fuente: ANCUPA.

6. Instituciones vinculadas

- Alianza País
- ANCUPA
- FEDEPAL
- ERGAL
- DED
- UNDP
- FEDETA
- MAG
- Ministerio de Energía y Minas

1. Producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales*
 - 2.1.1. *Palma aceitera*
 - 2.1.2. *Aguaje*
 - 2.1.3. *Higuerilla*
 - 2.1.4. *Sacha inchi*
 - 2.2. *Rendimientos de los diferentes cultivos*
 - 2.3. *Costos de producción de los diferentes cultivos*
 - 2.3.1. *Aguaje*
 - 2.3.2. *Palma aceitera*
 - 2.3.3. *Piñón*
 - 2.3.4. *Soya*
 - 2.3.5. *Girasol*
 - 2.3.6. *Canola o colza*
 - 2.3.7. *Sacha inchi*
3. Sector de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel*
4. Política pública y marco regulatorio
 - 4.1. *Aspectos estratégicos*
 - 4.2. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.3. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidades de expandir la oferta de materia prima*
 - 5.2.1. *Palma aceitera*
 - 5.2.2. *Piñón*
 - 5.2.3. *Soya*
 - 5.2.4. *Colza*
 - 5.3. *Producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima*
6. Instituciones y organizaciones vinculadas

1. Producción de biodiésel en el país

No se reportan cifras significativas de producción de biodiésel en el país, aunque algunas empresas productoras de aceite de palma han instalado algunas plantas piloto para producirlo a partir del aceite de palma.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes vegetales

Aunque en la actualidad la principal fuente de aceite vegetal que se produce de forma significativa en el Perú es la palma africana y en menor medida la soja, existen otros cultivos que se están explorando como una fuente potencial de aceite para biodiésel.

A continuación se detallan algunas características de estos cultivos en Perú.

2.1.1. Palma aceitera

En Perú el principal cultivo oleaginoso es la palma aceitera, que se produce en la región amazónica y tiene un amplio potencial de crecimiento.

Las áreas destinadas a la producción de palma aceitera se ubican principalmente en San Martín, Ucayali, Loreto y Huanuco.

La superficie total estimada de cultivo es de 21 222 ha. San Martín es el departamento con la mayor producción, seguido por Ucayali, Loreto y Huanuco. De esta superficie, alrededor del 60% (12 437 hectáreas) se encuentra en producción (Cuadro 9.1).

La productividad de estas plantaciones presenta una gran variación según el nivel de tecnología que se emplee.

Cuadro 9.1. Perú. Área en producción, crecimiento y semilla (vivero) de palma aceitera.

Región	Área (ha)				Producción	
	Producción	Crecimiento	Vivero	Total	Racimos (unids)	Aceite crudo (t)
San Martín	9 800	2 570	1 320	13 690	180 000	39 600
Ucayali	2 537	1 895	1 500	5 932	36 592	8 050
Loreto	100	500	501	1 400	1 200	264
Huanuco	0	0	200	200	0	0
Total	12 437	4 965	3 250	21 222	217 792	47 914

Fuente: Direcciones Regionales Agrarias de San Martín, Ucayali, Loreto y Huanuco.

Se estiman alrededor de 32 mil productores de palma ubicados en diferentes zonas de Loreto, San Martín, Huánuco y Ucayali, organizados en la Confederación Nacional de Palmicultores y Empresas de Palma Aceitera (CONAPAL⁴⁹). Cuentan con cuatro plantas piloto productoras de biodiésel de palma y desarrollan diversos proyectos a partir de este cultivo (Cuadro 9.2).

⁴⁹ FEDEPALMA - San Martín; FEDEPALMA - Loreto; FEDEPALMA - Madre de Dios, S.A.; FEDEPALMA - Ucayali; FREPALMA - Huánuco; Comité Central de Palmicultores de Ucayali (COCEPU).

Cuadro 9.2. Perú. Capacidad instalada y proyectada para la producción de biodiésel, en la que se utiliza el aceite de palma como materia prima.

Plantas actuales y proyectadas	Ubicación	Producción	
		miles de t/año	millones de litros/año
Biodiésel Perú, International S.A.C.	Huarochiri - Lima	12,0	13,8
Interpacific CF S.A.C.	Chorrillos- Lima	4,8	5,4
Inter Latinoamericana SIQL	Villa El Salvador- Lima	1,2	2,0
Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	LaMolina- Lima	0,4	0,4
Total capacidad instalada		18,3	21,7
Heaven Petroleum Operators S.A.C. Grupo Herco ^{1/}	Lurín - Lima	134,0	159,0
Pure Biofuels Corporation	Puerto Callao - Lima	50,0	58,9
Industrias del Espino S.A. - División Agroenergía Grupo Romero	Uchiza - San Martin	50,0	57,4
Total capacidad proyectada		234,0	275,3

Nota: 1/ Capacidad instalada consultada en el sitio <http://www.hepop.com.pe/index2.html>. Se reporta como fecha de inauguración de la planta el 31 de enero del 2008.

Existen, además, cinco plantas extractoras de aceite, ubicadas en San Martín y Ucayali, cuya capacidad se encuentra subutilizada en la actualidad (Cuadro 9.3).

Cuadro 9.3. Perú. Plantas pilotos extractoras de biodiésel en Perú.

Nombre de la planta	Ubicación	Capacidad (t/h)
Palmawasi (palmas)	Uchiza - San Martin	60
Tochache (palmas) ^{1/}	Tochache- San Martin	10
Olamsa ^{2/}	Pucallpa - Ucayali	6
Shambillo ^{2/}	Padre Abad-Ucayali	6
Caynarachi	Caynarachi - San Martin	6

Notas: 1/ En construcción; 2/ En ampliación

Fuente: Palmas del Espino S.A.

2.1.2. Aguaje (*Mauritia flexuosa*)

De acuerdo con el Instituto Nacional de la Amazonía Peruana, el aguaje es una especie nativa amazónica, originaria de la Región Centro Occidental. Se produce en la selva peruana y se encuentra en estado silvestre en los departamentos de Loreto, San Martín, Amazonas, Huanuco y Junín.

El aguaje puede ser aprovechado por el fruto, cuyo principal objetivo es la alimentación directa humana, pues de él se obtienen harinas y aceites. Es una especie de uso múltiple

que suministra frutos, palmito, madera y almidón del estípite. Por ser una palmera rústica de fácil manejo, se asocia con especies cultivadas de ciclos cortos, semi-perennes y perennes; mesocarpo de alto valor nutritivo con versatilidad de aprovechamiento industrial: bebidas, heladería, sorbetería y los frutos de segunda calidad en alimentación animal.

2.1.3. *Higuerilla (Ricinus communis L.)*

Se produce en la costa, sierra y amazonia hasta los 3000 msnm. Tiene gran capacidad de adaptación y posee la ventaja de ser un cultivo con potencial de mecanización. Prospera bien en suelos de mediana o alta fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados, bien drenados, con altas cantidades de elementos nutritivos y con pH sobre 5,5 (óptimo 6-7), aunque no soporta la alcalinidad. Además, la higuerilla tolera precipitaciones entre 200 y 4290 mm anuales y temperaturas entre 7°C y 27,8°C, pero lo ideal es que cuente entre 750 - 1000 mm y 20°C - 25°C. Se desempeña mejor en suelos fértiles y bien drenados, no alcalinos ni salinos.

2.1.4. *Sacha inchi (Plukenetia volubilis)*

Es una planta nativa de la amazonia del Perú. Se cree que sus semillas pueden superar en calidad a todas las semillas oleaginosas utilizadas para la producción de aceites, por tener el más alto contenido de aceites, insaturados omega (92%), reductores del colesterol. Su harina contiene alta calidad de proteína y vitaminas A, D y E, lo cual constituye un excelente recurso para la producción de alimentos.

El aceite y la harina tienen alta digestibilidad. Por sus grandes cualidades, el *Sacha inchi* es de gran valor para la salud y su cultivo e industrialización son altamente prioritarios.

2.2. Rendimiento de los diferentes cultivos

El rendimiento de los diferentes cultivos aptos para la producción de biodiésel se detalla en el Cuadro 9.4.

Cuadro 9.4. Perú. Rendimiento real y potencial de diferentes cultivos oleaginosos.

Cultivo	Rendimiento (t/ha)
Aguaje	6,1
Palma aceitera	20,0
Piñón	6,25
Soya	Regional: 1,67 / potencial: 1,5-2,0
Girasol	Regional: 1,5-1,8 / potencial: 2,0-3,5
Higuerilla o ricino	4,0-6,0
Canola o colza	2,5
<i>Sacha inchi</i>	0,7-2,0

Fuente: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), *Intermediate Technology Development Group (ITDG)*, UNALM.

2.3. Costos de producción de los diferentes cultivos

2.3.1. Aguaje

De acuerdo con el Sistema de Información Forestal de la Amazonía Peruana (SIFORESTAL), el proceso para la obtención de aceite de aguaje es sencillo. Primero se reciben los frutos y los que están frescos se ponen a secar al sol. Luego se procede a su prensado mecánico para extraer el aceite, principalmente de la pulpa, y después se envasa.

El rendimiento en aceite es de menos del 2% del peso total del fruto, lo que significa que se necesita entre 56 kg y 77 kg de fruto para obtener un 1 kg de aceite. Esto se traduce en un costo promedio entre US\$7 y US\$10 aproximadamente por kilogramo de aceite solo en materia prima verde.

2.3.2. Palma aceitera

El costo de producción de palma aceitera, considerado el período de vivero, preparación de terreno, instalación y mantenimiento por los tres primeros años, tiene un valor de US\$1898/ha (Cuadro 9.5). El racimo de fruta fresca tiene un valor de US\$95/t y el precio local de venta de aceite crudo de palma de US\$610/t. Sin embargo, el precio internacional de aceite crudo de palma en el mercado internacional es de US\$800/t. Se cree que esta diferencia en los precios se origina por el porcentaje de ácidos que tiene la palma en el Perú, así como por la calidad en comparación con la que ofrecen otros países.

Cuadro 9.5. Perú. Costo de producción de palma aceitera en US\$/ha.

Actividad	Mano de obra	Insumos y materiales	Costo total
Vivero	90	235	325
Preparación de terreno	221	89	310
Instalación	73	94	167
Mantenimiento	383	714	1,097
Año 1	131	180	310
Año 2	126	222	348
Año 3	126	313	439
Total	766	1134	1898

Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú.

2.3.3. Piñón (*Jatropha curcas*)

Este cultivo crece en suelos degradados y se aconseja que sean sembrados en hoyos de 30x30x60 cm, cuya tierra debe contener una mezcla de abono orgánico y fertilizante, además de que requiere suficiente agua después de la siembra.

El método más usado para plantaciones ha sido el uso de semillas (Dr. Dagmar Joerdens - Roettger de GTZ). Las semillas recolectadas necesitan ser secadas. La germinación es de más del 70% y esa alta tasa se mantiene por casi un año si las semillas se guardan en un lugar fresco y seco. Las semillas se siembran en bolsas plásticas de 10 x 20 cm o directamente en la tierra.

A partir del segundo año, hay que abonar las plantas regularmente con fertilizantes nitrógeno - fósforo - potasio (N-P-K) y suplementos pequeños de magnesio y zinc (Mg - Zn) conforme con la calidad del suelo.

Los costos para instalar una hectárea de piñón en el departamento de Cajamarca suman un total de US\$1191 como se observa en el Cuadro 9.6, que incluye el costo de 2500 plantas, fertilizantes y guano.

Cuadro 9.6. Costo de instalación de 1 ha de piñón en el departamento de Cajamarca.

Costos	Unidades	Valor
Plantas	2500	S/. 2500
Fertilizantes	100 g/planta	S/. 375
Guano (2 kg)	2 kg/planta	S/. 888
Costo/ha		S/. 3763
Costo/ha		US\$ 1191

Fuente: Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

2.3.4. Soya

El costo de producción por hectárea, incluidos los gastos del cultivo (preparación de terreno, siembra, entre otros) y los gastos especiales, es de US\$472 aproximadamente.

Cuadro 9.7. Perú. Costo de producción de soya por hectárea.

Concepto	No. de jornales	Costo unit. S/.	Total S/.
I. Gastos directos			<u>1313,00</u>
a) Gastos de cultivo			<u>945,00</u>
Preparación de terreno	25	15,00	375,00
Siembra	8	15,00	120,00
Deshierbo	10	15,00	150,00
Control fitosanitario	2	15,00	30,00
Cosecha, trilla y secado	15	15,00	225,00

Ensacado	3	15,00	45,00
b) Gastos especiales			<u>368,00</u>
Compra de 30 kg de semilla	30	5,00	150,00
Compra de sevin 85% 2 kg	2	79,00	158,00
Compra de 20 sacos	20	1,00	20,00
Transporte de 1000 kg (20 sacos)	20	2,00	40,00
II. Gastos financieros			<u>113,71</u>
Interés y comisión de crédito agrícola por ocho meses (8,66%) de a + b	0,0866	1313,00	113,71
III. Resumen			
Gastos directos			1313,00
Gastos financieros			113,71
Costo de producción S/.			1426,71
Costo de producción US\$*			472,26

Fuente: Ministerio de Agricultura, Dirección Regional Agraria, Región Loreto.

*Tipo de cambio del 8 al 14 de octubre del 2007 (3021).

2.3.5. Girasol

El costo de producción del girasol es de US\$300 por hectárea. Es un cultivo de alta resistencia y gran adaptabilidad a distintos climas y tipos de suelos. El girasol es un importante insumo para la industria de aceites comestibles o de alimentos balanceados, además de servir como forraje para el ganado.

El Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA) indica que en Piura se obtienen rendimientos promedios de 1,5 a 1,8 t/ha, y pueden llegar hasta 2,0 y 3,5 t/ha.

2.3.6. Canola o colza

De acuerdo con la Sierra Exportadora⁵⁰, durante la siembra de canola o colza se debe colocar el fertilizante en el fondo del surco, debajo o al costado de la semilla y taparlo ligeramente.

50 Sierra Exportadora es un organismo público descentralizado (OPD) que tiene como objetivos: desarrollar y consolidar el mercado nacional e internacional, consolidar y ampliar una oferta competitiva de productos en la sierra peruana en función de la demanda real nacional e internacional, facilitar el acceso a recursos y servicios financieros e inversiones para el desarrollo de negocios y proyectos productivos, y coordinar y formular de políticas públicas y promoción de mecanismos de desarrollo territorial.

Para la cosecha, se deben utilizar segadoras hileradoras, completar su maduración en parvas o segar tradicionalmente usando la hoz y emparvarla. Posteriormente se deben utilizar las trilladoras combinadas y/o estacionarias y tradicionalmente al garroteo (palos) y posterior venteo para limpieza del grano. Su almacenamiento debe realizarse en un lugar ventilado con los granos completamente secos y protegidos de roedores y aves con un máximo de 8% de humedad para mantener la calidad del grano y minimizar problemas de almacenaje. El costo de producción de la colza es de casi US\$396/ha (Cuadro 9.8) (Ocrosopoma 2008).

Cuadro 9.8. Perú. Costo de producción de la colza.

Materiales	487
Semilla	175
Fertilizantes	
Nitrato de amonio	72
Superfosfato de calcio	240
Pesticidas	
Servicios	570
Tractor	210
Mochilas	20
Sembradora	80
Segadora	80
Trilladora	180
Jornales	210
Siembra	30
Abonamiento	15
Deshierro	30
Segundo abonamiento	30
Aplicación de pesticidas	30
Ciega	15
Trilladora	60
Total (nuevos soles)	1267
Total US\$	396

Fuente: Sierra Exportadora, en Ocrosopoma 2008.

2.3.7. *Sacha inchi*

La etapa de instalación del cultivo (año 1) tiene un costo de S/. 2650 (US\$847 aproximadamente). A partir del segundo año, el costo se reduce a S/. 1206 (US\$399 aproximadamente) que corresponderían solamente al mantenimiento del cultivo, como se observa en el Cuadro 9.9.

Cuadro 9.9. Perú. Costo de producción de *Sacha inchi* (siembra directa y tutores vivos).

Costo de Producción de 1 hectárea de Sacha Inchi

Siembra directa y con tutores vivos

Actividad	Valor
Primer año	
Mano de Obra	1282.5
Materiales, insumos, equipos y herramientas	1368.12
Subtotal	2650.62
Segundo año	
Mano de obra	600
1. Deshierbo	180
2. Fertilización	40
3. Control de Plagas y Enfermedades	20
4. Poda y acomodo de ramas	40
5. Cosecha	160
6. Secado de capsulas y trillado	120
7. Transporte del producto	40
Materiales, insumos, equipos y herramientas	606.72
1. Fertilizantes	250
2. Insecticidad - Nematicida	150
3. Fungicidas	60
4. Sacos de polipropileno	36
5. Herramientas	50.56
6. Pulverizador	50.56
7. Combustible y lubricantes	9.6
Subtotal	1206.72
TOTAL S/.	S/. 3,857
TOTAL US\$*	\$1,277

* Tipo de cambio del 8 al 14 de octubre del 2007 (3021)

Fuente: INIA en Ocrospoma 2008.

3. Sector de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. *Iniciativas públicas o privadas*

A continuación se describen algunos de los emprendimientos que se encuentran involucrados en la producción de biodiésel (Cuadro 9.10).

Cuadro 9.10. Perú. Descripción de algunos emprendimientos relacionados con la producción de biodiésel.

Nombre	Descripción
Pure Biofuels	<p>En el 2007 se inició la construcción de una planta de producción de biodiésel en el Callao. Se proyecta que la capacidad nominal anual de la planta producirá 180 mil toneladas de biodiésel por año, más de 197 millones de litros por año. Fue inaugurada el 15 de agosto de 2008. Esta refinería utilizará aceite de palma como materia prima para fabricar biodiésel, y ha firmado memorandos de entendimiento con distribuidores locales de combustible para cubrir toda la producción anual de biodiésel del Puerto de Callao.</p> <p>Pure Biofuels adquirió el negocio de producción de biodiésel de Interpacific Oil S.A.C. que es la procesadora de biodiésel más grande y antigua de Perú, que producía unos 32,7 millones de litros de biodiésel por año, y ha estado produciendo cantidades comerciales desde el 2002, cuando la empresa se convirtió en la primera productora de biodiésel de nivel comercial en Perú. Esta adquisición le brinda a la empresa un posicionamiento que le permitirá convertirse en la mayor productora de biodiésel de Perú y complementará aún más la posición de la empresa cuando finalice las obras de construcción en su planta principal de biodiésel en Callao, Perú, la cual estaba prevista para el cuarto trimestre del 2007 (Gestión pág. III - 18 set. 2007).</p>
Biodiésel Perú Internacional S.A.C	<p>Ha iniciado la puesta en marcha de una planta con tecnología de la firma argentina Ingeniería Bioquímica en la provincia de Huarochirí. Además, de acuerdo con Pro Amazonía, esta empresa estaría en la capacidad de producir 12 mil toneladas al año que son más de 3 millones aproximadamente de galones por año (Campbell 2007).</p>
Herco Combustibles S.A.	<p>De acuerdo con la página de Heaven Petroleum Operator, la empresa Herco Combustibles S.A., empresa dedicada al almacenamiento, abastecimiento y comercialización de productos derivados de los hidrocarburos, en el 2004 encarga a Heaven Petroleum Operators S.A.C., empresa del grupo dedicada a dar servicios de soporte, la construcción y puesta en funcionamiento de una Planta de Producción de Biodiésel a nivel industrial. De esta manera, se embarcan en el autoabastecimiento de combustibles alternativos y renovables.</p> <p>A la fecha, el Grupo Herco, a través de sus empresas, está por iniciar la operación de su Planta Agroindustrial de Biodiésel, con tecnología 100% peruana y desarrollada por la propia empresa. La construcción y puesta en valor de la planta ha permitido generar más de 200 puestos de trabajo directos.</p>
DEVIDA y EMBRAPA	<p>Ha firmado un convenio con el propósito de introducir el cultivo de higuierillas en el Perú para la producción de biodiésel, además de la capacitación de técnicos peruanos que trabajen con programas de desarrollo alternativo en el cultivo y procesamiento de higuierilla y otras oleaginosas.</p>
Garodi S.R.L.	<p>Tiene un proyecto que consiste en la construcción de una planta de biodiésel para una producción de 10 mil litros por año. Los insumos utilizados para la producción provendrán de plantaciones de palma, aceites vegetales reciclados y aceite de pescado. El costo del proyecto es de US\$600 000, que incluye maquinaria y equipos (US\$200 000) y capital de trabajo (US\$400 000).</p>
Asociación Agropecuaria Nuevo Tiwinsa	<p>Hay interés de la Asociación Agropecuaria Nuevo Tiwinsa, de la región Ucayali, por emprender cultivos oleaginosos para la producción de biocombustibles en tierras deforestadas de dicha región, además de impulsar la constitución legal de la empresa biodiésel Ucayali S.R.L. y despertar el interés de la empresa Oleaginosas Amazónicas S.A. (OLAMSA) en la elaboración de biodiésel a nivel comercial.</p>

3.2. Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel

En el ámbito académico, se ha desarrollado el proyecto Biodiésel UNALM / Soluciones Prácticas – ITDG. En el 2000 se llevaron a cabo las primeras pruebas documentadas de producción de biodiésel en el Perú, las cuales probaron su funcionalidad en vehículos tractores (motocultores) de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM. Desde el año 2003, ambas instituciones conformaron un equipo de trabajo permanente, ubicado en el laboratorio de energías renovables de la universidad, orientado al estudio de dos alternativas para el uso y producción de biodiésel en el Perú:

- a. Elaboración artesanal y a pequeña escala en comunidades amazónicas aisladas a partir de aceites de especies vegetales abundantes, nativas o introducidas como una posible solución al problema de acceso a la energía de dichas comunidades.
- b. La producción a partir de aceites vegetales usados en zonas urbanas como aditivo del combustible diésel en vehículos de transporte terrestre, para reducir las emisiones de gases contaminantes y como una alternativa para resolver la disposición final de los aceites usados.

Entre el 2003 y el 2005, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), se llevó a cabo el proyecto de investigación “Producción de biodiésel a pequeña escala a partir de recursos oleaginosos amazónicos”. En el 2004 y con la participación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se elaboró un estudio denominado “Diseño de un sistema sostenible de producción y uso de biodiésel apropiado para poblaciones aisladas de la selva amazónica”. Hasta el momento se presentan los siguientes avances:

- Inventario de 24 especies vegetales oleaginosas de la selva peruana con potencial teórico para la producción de biodiésel.
- Pruebas exitosas de producción de biodiésel en laboratorio, a partir del aceite de las siguientes especies: palma aceitera, girasol, soya, piñón, castaña, *sacha inchi*, aguaje, umarí y ungurahui.
- Caracterización físico-química del biodiésel producido (densidad, viscosidad, poder calorífico, índice de cetano, punto de inflamación, contenido de agua y sedimentos) para comprobar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del diésel convencional.
- Diseño de un modelo tecnológico de bajo costo para la producción de biodiésel a pequeña escala, construido a partir de materiales reciclados, ideado básicamente para la producción artesanal en comunidades aisladas de selva.
- Pruebas de rendimiento (potencia, torque, consumo, opacidad de las emisiones) en motores diésel convencionales del biodiésel producido.

Entre el 2005 y el 2006, se llevó a cabo la construcción y puesta en operación de la planta modelo de producción de biodiésel. Entre el 2006 y el 2007, se desarrolló la investigación a pequeña escala para la producción de biodiésel en poblaciones aisladas de la selva amazónica.

Además, se estableció el primer sistema permanente de reaprovechamiento de aceites usados para la producción de biodiésel en Perú, denominado biodiésel bus, que consiste en recuperación de los aceites usados del comedor universitario de la UNALM, el cual se transforma posteriormente en biodiésel, en un reactor diseñado y fabricado en Perú, que luego se utiliza como aditivo ecológico en un buses para el transporte regular de estudiantes⁵¹.

Con el apoyo de *Internationale Weiterbildung und Entwicklung gGmbH (InWEnt) (Capacity Building International, Alemania)* se realizó el Primer Seminario Internacional Perspectivas del Biodiésel en el Perú: tecnología, legislación, ambiente y economía en setiembre del 2006, con el fin de propiciar un espacio de diálogo para conocer y discutir los avances, opciones y limitaciones de la producción y uso de biodiésel en el Perú, en aspectos técnicos, legales, ambientales, económicos y sociales. Durante esta actividad, se contó con la participación de entidades públicas y privadas relacionadas con el desarrollo del biodiésel en el Perú.

Por otra parte, en el 2005 la Agencia de Desarrollo y Recursos Asistenciales (ADRA) Perú desarrolló el Proyecto de Biodiésel en San Martín, a partir de aceites vegetales. También se tenía previsto producir biodiésel en la provincia de Picota, pero por el momento no se conocen más avances de esta iniciativa.

La Universidad de Lima elaboró una publicación de investigación llamada "Combustibles alternativos para el desarrollo de la industria regional", la cual comprendía el estudio comparativo de los combustibles alternativos, la materia prima para fabricarlos, la tecnología de los procesos productivos y algunos aspectos de costos de inversión y operación en relación con el desarrollo industrial regional del Perú.

En el Cuadro 9.11 se citan y describen las principales instituciones de investigación y desarrollo que trabajan en el mejoramiento de los cultivos oleaginosos en el Perú.

⁵¹ Con esta iniciativa, la ITDG y la UNALM obtuvieron el VII Premio a la Ecoeficiencia de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Coca Cola S.A. y el Consejo Nacional del Ambiente.

Cuadro 9.11. Perú. Descripción de instituciones que realizan investigación relacionada con el biodiésel.

Nombre	Descripción
CONCYTEC	Está integrada por la Academia, los Institutos de Investigación del Estado, las organizaciones empresariales, las comunidades y la sociedad civil. Tiene por finalidad normar, dirigir, orientar, fomentar, coordinar, supervisar y evaluar las acciones del Estado en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación tecnológica y promover e impulsar su desarrollo. CONCYTEC promociona e incentiva la creación y el desarrollo de nuevas tecnologías limpias que son herramientas, métodos y prácticas necesarias para producir bienes y entregar servicios con menos impactos sobre el medio ambiente. De la misma manera, promueve la investigación, producción, comercialización y distribución de biocombustibles.
Universidad Nacional Agraria La Molina	Institución comprometida a servir a la sociedad con una oferta de educación superior de excelencia, basada en una sólida formación científica, tecnológica, humanística y de gestión para el manejo de los recursos renovables. La UNALM, a través de su Laboratorio de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería Agrícola, tiene por objeto promover la investigación de las energías renovables que contribuirán al desarrollo del país. Entre estas energías, se encuentran el biodiésel, un biocombustible derivado de aceites vegetales o grasas animales que mezclados con alcohol metílico o etílico en presencia de un catalizador y en condiciones dadas de temperatura y agitación, produce un biocarburante que reemplaza al diésel en motores de combustión interna.
Soluciones prácticas - ITDG	Equipo de cooperación técnica internacional que trabaja junto a las poblaciones rurales y urbanas de menores recursos. Busca soluciones prácticas ante la pobreza mediante el uso de tecnologías apropiadas. Fue fundado en Inglaterra en 1966 por el Dr. E. F. Schumacher. Hoy Soluciones Prácticas - ITDG está conformado por cerca de 400 personas que trabajan coordinadamente en Europa, Asia, África y América Latina. La oficina regional para América Latina tiene su sede en Lima, Perú desde 1985. En estos años se han desarrollado diversas tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables apropiadas para la región. Desde el 2003, conjuntamente con la Universidad Nacional Agraria La Molina, se han gestionado acciones para el desarrollo y difusión de los biocombustibles, en especial el biodiésel.

Fuente: Información brindada por la Oficina del IICA en Perú.

4. Política pública y marco regulatorio

4.1. Aspectos estratégicos

En los últimos 30 años, Perú ha registrado cambios en la oferta de hidrocarburos líquidos, como la reducción de las reservas y producción de petróleo, bajas en la calidad promedio del crudo nacional y el rápido incremento de la participación del diésel en el transporte. Este panorama se complementa con el descubrimiento y puesta en explotación de grandes reservas de gas y condensados.

Actualmente, el Gobierno incentiva el proceso de modificación de la matriz energética, mediante el desarrollo de las fuentes primarias disponibles en el país, la promoción del consumo de gas natural y recursos hídricos para así evitar el consumo de energías que el país no produce e importa, y el fomento del desarrollo sostenible de las fuentes renovables de energía: hidroenergía, energía geotérmica, eólica, solar y biocombustibles.

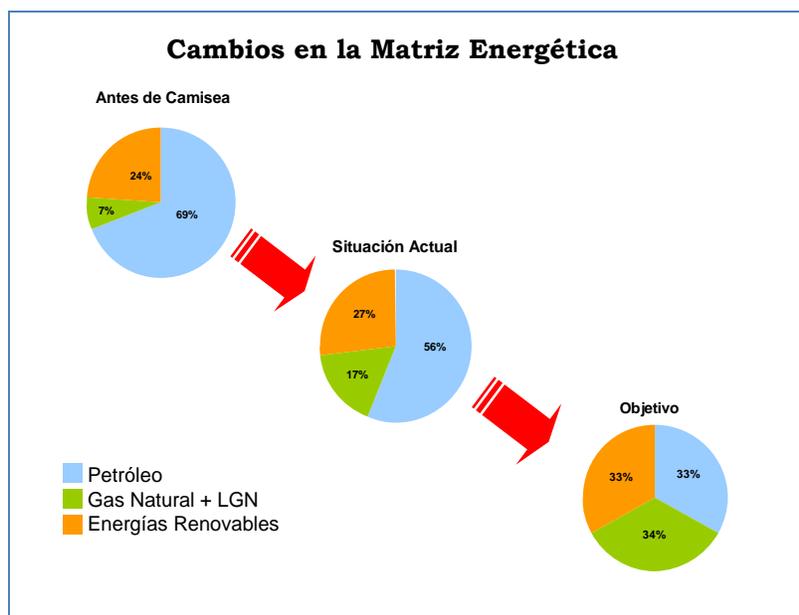
De esta manera, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) tomó las siguientes acciones:

- Masificación del uso del gas a nivel nacional.
- Promoción del gas natural vehicular (GNV).
- Promoción de los ductos regionales.
- Promoción de la petroquímica básica.
- Incorporación de nuevas tecnologías: micro gas natural licuado (LNG), gas natural comprimido (GNC), gas a líquido (GTL).
- Desarrollo de fuentes alternativas como los biocombustibles (etanol y biodiésel).
- Desarrollo de proyectos con energías renovables (hidroelectricidad, energía eólica, energía solar, geotermia).

Con diversas normas, el país ha venido promoviendo el consumo masivo del gas natural. Durante el 2005, el consumo de diésel y carbón para la producción de energía disminuyó considerablemente y fue reemplazado por gas natural. En los próximos años, se busca llegar a una matriz equilibrada entre energías renovables, diésel y gas al 33% (Figura 9.1).

Por otro lado, la demanda de gas se ha incrementado en 45% en los últimos cuatro años. En el año 2006, la demanda de gas licuado de petróleo (GLP) fue superior a la demanda total de todas las gasolinas y ha desplazado del segundo lugar a los combustibles industriales. Además, para el período 2007 - 2026 se espera un crecimiento del consumo de gas natural en todo el país del orden de 10% como promedio anual.

Figura 9. 1. Perú. Estrategia energética del Gobierno de Perú.



Nota: Camisea es el yacimiento de gas ubicado en la Región Cusco, en operación y funcionamiento desde el 2004, que por su magnitud (uno de los más importantes yacimientos del continente americano), ha incidido sobre el cambio en la matriz energética de Perú, hacia el uso de combustible más limpio y barato como el gas natural.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, en Ocrospoma 2008.

El proceso de cambio de matriz energética también se refleja en el dinamismo del sector de inversiones. Se tenía previsto para el 2008 un crecimiento de la inversión privada en 12,2%, gracias a la inversión de proyectos en minería e hidrocarburos, diversos proyectos para la producción de etanol, así como algunos orientados a la construcción de plantas petroquímicas (BCR 2007).

4.2. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El sistema energético mundial no es sostenible en el largo plazo debido, principalmente, a los impactos ambientales que genera y a la desigualdad en su distribución. Perú no se escapa de esta situación. La energía primaria proviene en un 45%, aproximadamente, del petróleo y en un 30% de la leña. En la Amazonía particularmente el problema se agudiza, debido a las dificultades que presenta el transporte, lo que limita aún más que muchos centros poblados tengan acceso a la energía eléctrica. Este panorama obliga a utilizar leña o generadores eléctricos que funcionan con diésel, lo cual no solo eleva los costos, sino que se convierte una peligrosa fuente de contaminación de los ríos.

De acuerdo con el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM), Lima es una de las ciudades más contaminadas. Además, Perú es un creciente importador de diésel. Se estima que para el 2010 se importarían 10 millones de barriles anuales.

De esta manera, surge la iniciativa de proponer nuevos mecanismos para el desarrollo de combustibles alternativos que sean menos dañinos para el ecosistema. Así, la producción de biodiésel se convierte en una alternativa para reducir la contaminación generada por la quema de diésel, lo cual permitirá no solo el desarrollo en las micro regiones a partir de la producción de su propio combustible, sino que también constituirá una palanca para la activación de la agricultura peruana a través de las empresas agroindustriales.

Perú posee grandes ventajas relacionadas con la producción de biocombustibles, debido a que existe potencial para el desarrollo de diversos cultivos oleaginosos y para la obtención de grasas y aceites de origen animal. Además, los cultivos potenciales para su producción presentan altos rendimientos de producción y una amplia diversidad de especies que están en proceso de investigación.

Los primeros pasos para el uso de los biocombustibles en Perú fueron dados por el Estado. Actualmente, el Gobierno viene desarrollando proyectos y promoviendo la investigación en diferentes cultivos para la producción de biodiésel y espera que la matriz energética del país cambie hacia una matriz equilibrada entre energías renovables, diésel y gas.

El estado peruano, a través del Programa Sierra Exportadora, promueve la siembra de canola en varias zonas de Arequipa como resultado del gran interés de comunidades campesinas, municipios distritales y cooperativas agrarias arequipeñas en el cultivo, tras la verificación de su factibilidad y rentabilidad en tierras alto andinas.

En la parte legal, el Gobierno trabaja en el establecimiento de un marco regulatorio que promueva la producción y desarrollo de los biocombustibles en el Perú, por ejemplo, la en promulgación de la Ley de Promoción del Mercado de los Biocombustibles.

También se trabaja en una estrategia nacional para que se desarrollen e implementen mecanismos e instrumentos de gestión ambiental específicos que permitan prever, evaluar y monitorear el impacto de esta industria en los ecosistemas intervenidos.

4.3. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

Los biocombustibles han cobrado una notable importancia en los últimos años. Perú es signatario de acuerdos internacionales para eliminar el uso del plomo en la gasolina y desde hace algunos años ha venido elaborando un marco regulatorio para la reducción y eliminación de agentes nocivos, tanto para la salud como para el ambiente en el país.

El sector vivienda y construcción del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) constituyó por la Resolución Suprema n.º 057-97-MTC la Comisión multisectorial para la gestión y coordinación del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire y Retiro del Plomo de la Gasolina, cuyo objetivo fue cumplido con la promulgación del Decreto Supremo n.º 019-98-MTC, en julio de 1998, donde se dispone la eliminación de la oferta de gasolina de 95 octanos con plomo y la reducción del contenido de plomo en la gasolina de 84 octanos, así como su retiro total del mercado.

El 31 de diciembre de 1998 se constituye el Comité de gestión de aire limpio por resolución suprema, que tiene como principal objetivo proponer los mecanismos de coordinación interinstitucional y los cambios normativos orientados a la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao. Aquí se plantean acciones para el fortalecimiento institucional, los sistemas de información y la generación de conciencia en la población involucrada.

A mediados del 2003, mediante el Decreto Supremo n.º 034-2003-MTC, el MTC suspendió la obligación de reducir el contenido de plomo por litro de gasolina de 84 octanos a diciembre del 2003, específicamente a las refinerías con capacidad instalada menor a cuatro mil barriles por día, que no cuenten con los procesos de producción necesarios.

Posteriormente, en agosto del 2003, el Congreso de la República publicó La Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles (Ley n.º 28054), la cual busca promover las inversiones para la producción y comercialización de biocombustibles, el desarrollo y uso del etanol y biodiésel, y difundir las ventajas económicas, sociales y ambientales de su uso.

Asimismo, mediante esta ley se crea el Programa de Promoción del Uso de los Biocombustibles (PROBIOCOM), que representa una gran opción de desarrollo para la industria azucarera nacional que produce alcohol, más cuando existen dispositivos que obligan a Perú, por ser parte del protocolo de Kioto, a retirar el plomo de los combustibles a partir de enero del 2005. Asimismo, con esta ley se crea una comisión

técnica⁵² encargada de proponer y recomendar las normas y disposiciones complementarias para su cumplimiento. Esta comisión técnica tiene como antecedente el grupo técnico de biocombustibles, el cual fue creado por Decreto del Consejo Directivo n.º 024-01-CD/ CONAM. Por su parte, el reglamento de la Ley n.º 28054 prevé el uso de biodiésel a nivel nacional desde el 2010, y en la Amazonía desde el 2008 como estrategia para la sustitución de cultivos ilícitos.

Además, la ley hace referencia a políticas generales, como las siguientes:

- Desarrollar y fortalecer la estructura científico-tecnológica destinada a generar la investigación necesaria para el aprovechamiento de los biocombustibles.
- Promover la formación de recursos humanos de alta especialización en materia de biocombustibles que incluya la realización de programas de desarrollo y promoción de emprendimientos de innovación tecnológica.
- Incentivar la participación de tecnologías, el desarrollo de proyectos experimentales y la transferencia de tecnología adquirida, que permitan la obtención de biocombustibles mediante la utilización de todos los productos agrícolas o agroindustriales o los residuos de estos.
- Incentivar la participación privada para la producción de biocombustibles.
- Incentivar la comercialización de los biocombustibles para utilizarlos en todos los ámbitos de la economía en su condición de puro o mezclado con otro combustible.
- Promover la producción de biocombustibles en la selva, dentro de un programa de desarrollo alternativo sostenible.
- Otros que determine el Poder Ejecutivo para lograr lo establecido en el Artículo 1 de la presente ley.

El grupo técnico multisectorial que elaboró la propuesta de ley presentó al biodiésel en su informe técnico como una alternativa prometedora, una oportunidad para reemplazar progresivamente parte de la importación de diésel y reducir la contaminación ambiental, lo que generará nuevas oportunidades de desarrollo agrícola y agroindustrial en el país basadas en la promoción del cultivo de soya y palma aceitera.

Los aportes que otorga esta ley son fundamentales, por lo que se requiere un seguimiento para su consecución. Entre los principales aportes, se pueden citar:

⁵² La Comisión Técnica de Biocombustibles fue instalada el 17 de noviembre del 2003 y está presidida por el e integrada por representantes CONAM, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Economía y Finanzas, el Ministerio de Agricultura, la Agencia de Promoción de la Inversión (PROINVERSIÓN), la Comisión para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA), la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía y la Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles.

- Promueve la producción y uso del alcohol carburante o etanol, con base en la caña de azúcar, para los vehículos motorizados, lo cual contribuye a la reactivación de la Industria Azucarera Nacional.
- Generará en su primera etapa cerca de 40 mil nuevos puestos de trabajo.
- Por ser un combustible ecológico y renovable, disminuirá drásticamente la contaminación ambiental, especialmente en las grandes ciudades, lo que permitirá preservar la salud de la población.
- Atraerá la inversión privada en el sector agroindustrial, lo cual mejorará la economía nacional.
- Permitirá ahorrar en la compra de petróleo y gasolina en el extranjero.
- Fomentará el cultivo de caña de azúcar en la selva como cultivo alternativo a la coca.
- Posibilita la mezcla del etanol con la gasolina y el biodiésel en el combustible diésel. En una etapa inicial, sería un 10% que representará una demanda nacional de 137 millones de litros anuales.
- Crea el programa de promoción del uso de biocombustibles.

En el 2005 se aprueba el Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles mediante el Decreto Supremo D.S. n.º 013-2005 EM. Aquí se establecen las condiciones para promover: el uso de los biocombustibles, los cultivos para biocombustibles, proyectos de inversión, cultivos alternativos a cargo de la DEVIDA y el desarrollo de tecnologías (a cargo de CONCYTEC). Se dan plazos al PROBIOCOM para que elabore sus lineamientos.

A partir del Decreto Supremo D.S. n.º 021-2007 EM, se aprueba el Reglamento de Comercialización de Biocombustibles en el 2007. Aquí se establecen los requisitos para la comercialización y distribución de los biocombustibles, así como lo referente a las normas técnicas de calidad de los mencionados productos. La ley contiene: normas para la comercialización y distribución de biocombustibles puros y sus mezclas con combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos, normas técnicas de calidad y otras para el registro de las mezclas ante la Dirección General de Hidrocarburos.

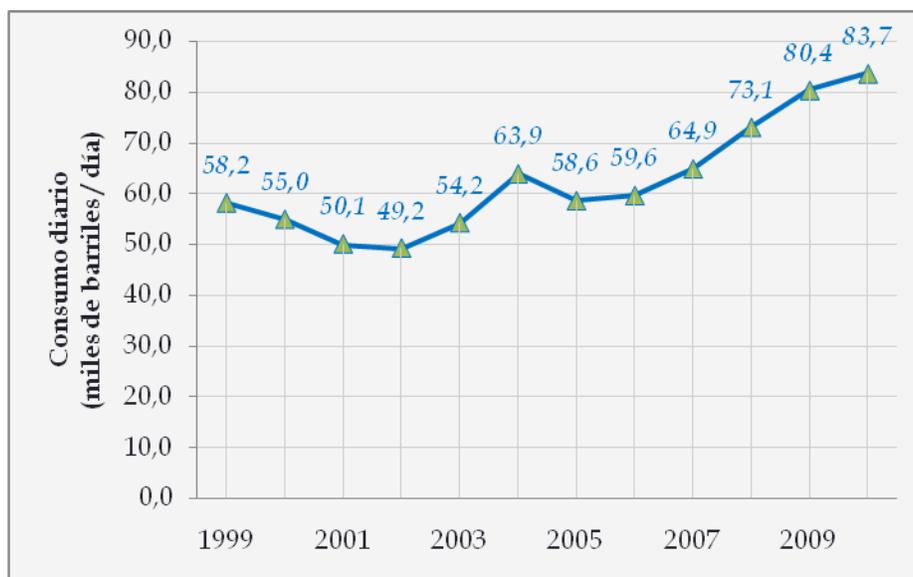
5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

En las principales ciudades peruanas, el uso de combustibles fósiles provoca, además de la emisión de gases de efecto invernadero, serios problemas de contaminación del aire.

En los últimos años, esta situación ha empeorado, debido al incremento del parque vehicular abastecido por diésel. El consumo de diésel, de acuerdo con la Figura 9.2, ha pasado de 58,2 miles de barriles por día en 1999 a 73,1 miles de barriles por día en el 2007, y se proyecta que alcance los 83,7 miles de barriles en el 2010.

Figura 9.2. Perú. Consumo diario de productos derivados de petróleo en el período 1999-2008. Proyección 2009-2010 (miles de barriles / día).



Fuente: MIEM, PE 2008.

En el Cuadro 9.12 se puede observar el comportamiento del consumo de combustibles derivados de petróleo en Perú. Si se compara el consumo de diésel con otros combustibles derivados de petróleo, se observa la significativa diferencia entre el consumo de GLP, gasolinas, petróleos residuales y otros, y la participación histórica del diésel (41,2%) en el período 1999 - 2008 con respecto al total de consumo de derivados de petróleo.

Cuadro 9.12. Perú. Consumo de productos derivados de petróleo en el período 1999-2008 (miles de barriles / día).

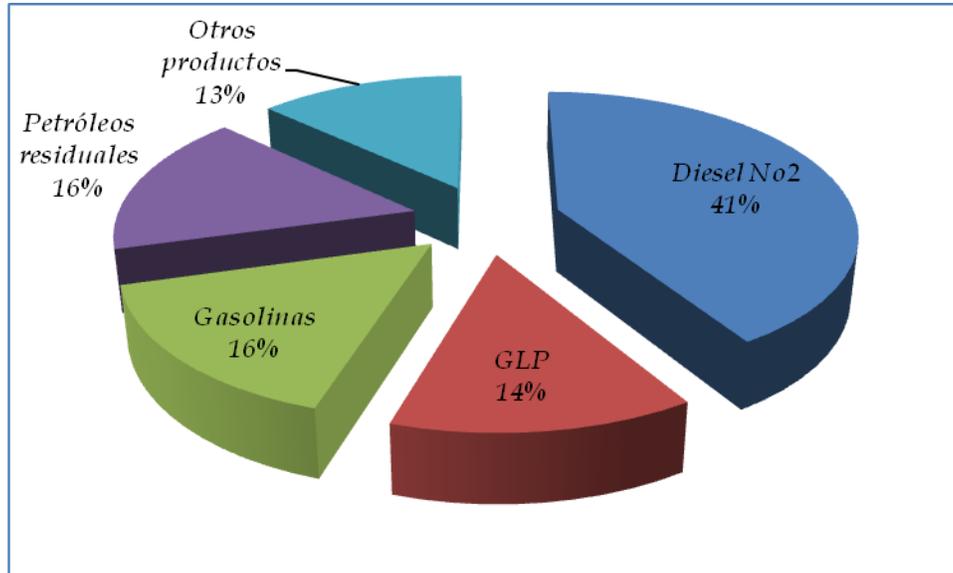
Producto	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Participación 1999 - 2008
Diésel 2	58,2	55,0	50,1	49,2	54,2	63,9	58,6	59,6	64,9	73,1	41,2%
GLP	12,9	13,6	14,1	16,1	17,5	18,3	21,4	23,6	26,4	30,4	13,6%
Gasolinas	27,8	25,5	23,1	23,2	21,8	21,8	20,0	20,0	21,1	21,8	15,9%
Petróleos residuales	28,1	26,7	23,0	24,1	22,2	27,1	23,7	20,1	17,2	19,0	16,2%
Otros productos	28,1	27,4	29,7	27,6	19,3	14,5	10,5	10,7	9,6	10,0	13,1%
Totales	155,1	148,1	140,0	140,2	135,1	145,7	134,2	134,1	139,2	154,3	100,0%

Fuente: MIEM, PE 2008.

En los aspectos ambientales y de acuerdo con los estudios realizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), el principal contaminante atmosférico en Lima corresponde a las emisiones tóxicas de motores de combustión diésel. Asimismo, el CONAM ha informado que alrededor de 4000 personas mueren cada año en Lima

víctimas de contaminantes atmosféricos como óxidos de azufre y partículas atribuibles al parque automotor.

Figura 9.3. Perú. Importancia del diésel en la demanda de combustibles en el año 2010.



Fuente: MIEM, PE 2008.

5.2. Posibilidades de expandir la oferta de materia prima

La oferta de aceite vegetal en el Perú tiene un enorme potencial por expansión de los diferentes cultivos oleaginosos, como se describe en los apartados siguientes.

5.2.1. Palma aceitera

Se estima que existen 1,4 millones de hectáreas con capacidad para la producción de este cultivo. El departamento de Loreto cuenta con la mayor disponibilidad de terreno, seguido del de Amazonas y Ucayali.

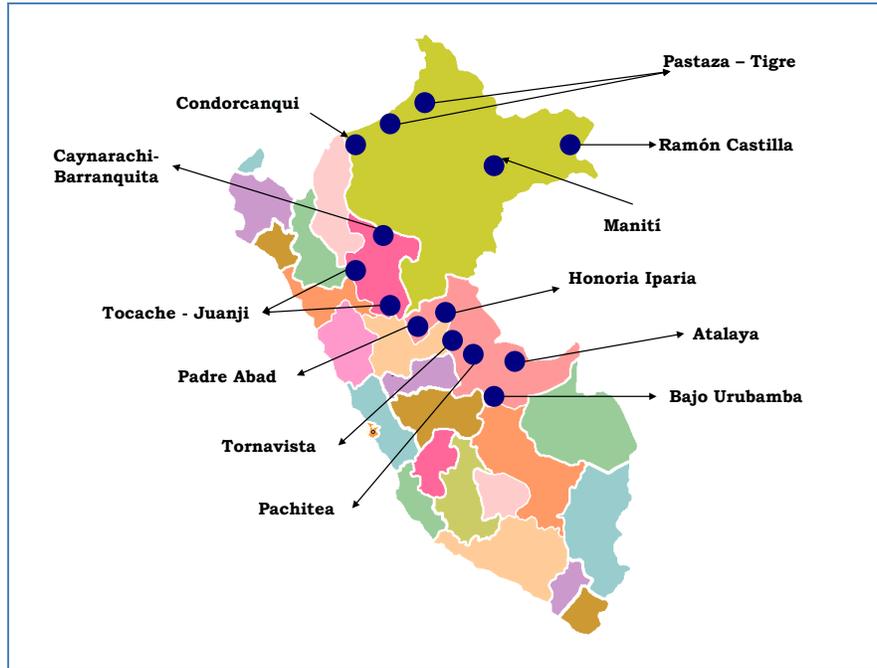
Cuadro 9.13. Perú. Superficie potencial para la siembra de palma aceitera.

Departamento	Superficie (miles de has)
Loreto	620
Amazonas	300
Ucayali	200
San Martín	150
Huanuco	55
Huanuco - Ucayali	50
Cusco	30
Total	1 405

Fuente: MINAG.

En la Figura 9.4 se puede observar la zonificación de las áreas potenciales para el desarrollo de palma aceitera y, específicamente, se puede advertir que todas se concentran en la zona de la Selva del Perú (Selva y Ceja de Selva).

Figura 9.4. Perú. Áreas potenciales para el desarrollo de palma aceitera.



Fuente: OLAMSA, en Ocrospoma 2008.

5.2.2. Piñón

En la Figura 9.5 se representan las áreas potenciales en Perú para la producción del piñón. De acuerdo con la presentación realizada por el Dr. D. Joerdens-Roettger de la GTZ, las zonas potenciales para el cultivo de piñón son: Piura, Ica, Lima, Cajamarca, Moyombamba, entre otros.

Figura 9.5. Perú. Áreas potenciales para el desarrollo de piñón.



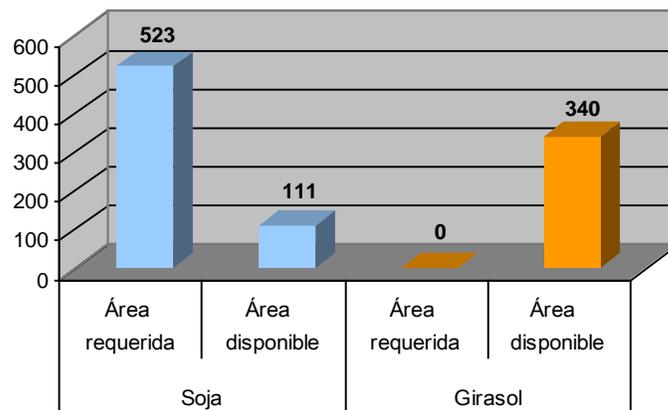
Fuente: GTZ, en Ocrospoma 2008.

5.2.3. Soya

Con respecto a la soya, el área adicional necesaria para su producción es de 523 mil hectáreas, mientras que su área disponible es de 111 mil hectáreas. En el caso del girasol, el área requerida es nula mientras que área potencial para su producción es de 340 mil hectáreas.

Figura 9.6. Perú. Área adicional necesaria para una mezcla de biodiésel del 5%.

Área adicional necesaria vs. Área disponible para una mezcla de biodiésel del 5% (miles de hectáreas)



Fuente: CEPAL 2007c.

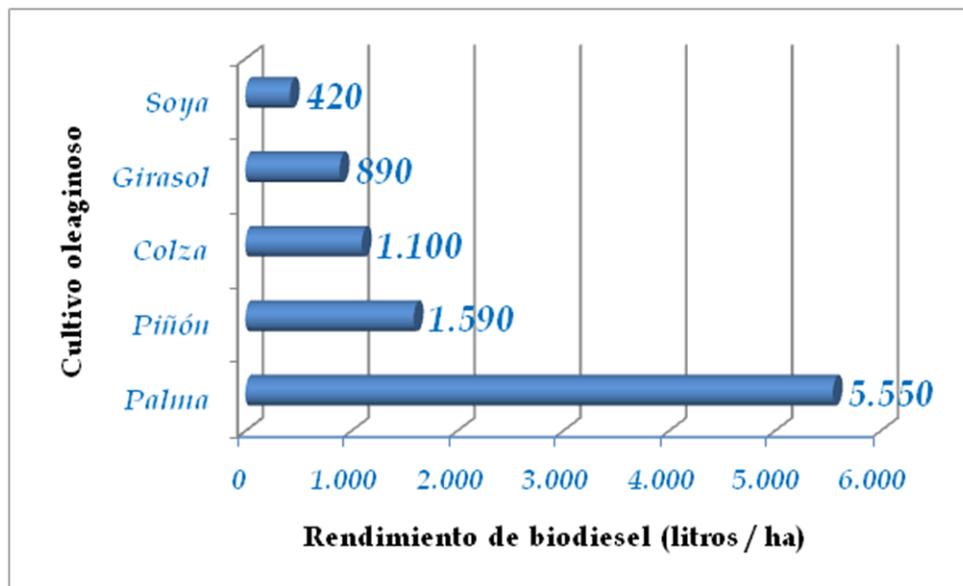
5.2.4. Colza

Para Sierra Exportadora (citado por Ocrospoma 2008), se han identificado 400 mil hectáreas potenciales para el desarrollo del cultivo de canola o colza en las regiones altoandinas del Perú, con el fin de reemplazar la importación anual de seis millones de barriles del diésel 2 y ahorrar divisas al país por el orden de los US\$400 millones por año. Esto genera inversiones por US\$300 millones, 30 mil empleos directos y 60 mil empleos indirectos. Además, se han instalado 100 hectáreas experimentales en Junín, Cajamarca, Lima, Arequipa y Puno y se espera alcanzar a fin de año 1000 hectáreas.

5.3. Producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima

La Figura 9.7 representa la producción de biodiésel por hectárea de varias fuentes alternativas de aceite. La palma aceitera es el cultivo de mayor rendimiento (5550 litros/ha). Muestra una diferencia sustancial con respecto a las demás oleaginosas, un alto rendimiento en comparación con las demás oleaginosas, entre los 1,590 litros/ha del piñón y los 420 litros/ha de la soja.

Figura 9.7. Perú. Rendimiento (litros /ha) de materia prima para la producción del biodiésel.



Fuente: Instituto Alto Andino, en Ocrospoma 2008.

Un estudio realizado por ITDG y la Universidad Agraria denominado “Producción de biodiésel a pequeña escala a partir de recursos oleaginosos amazónicos en Perú” les permitió elaborar un inventario de cultivos oleaginosos amazónicos para la producción de biodiésel, así como pruebas con los productos identificados. Los resultados de las pruebas de extracción mecánica de los aceites y de la transesterificación se pueden observar en el Cuadro 9.14.

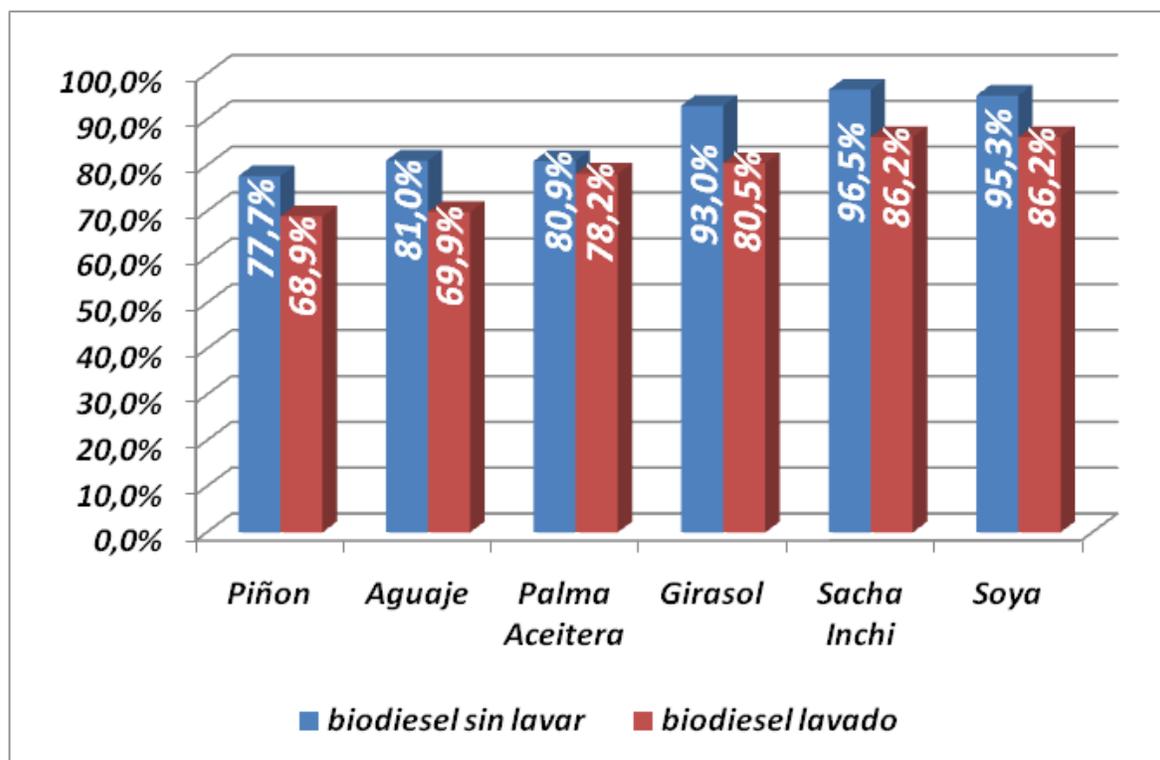
Cuadro 9.14. Perú. Eficiencia de diferentes cultivos en la producción de biodiésel.

Insumo	Parte útil para la extracción de aceite	Eficiencia de la extracción	Producción de aceite en monocultivo (kg/ha)	Rendimiento (biodiésel sin lavar/ aceite)	Rendimiento (biodiésel lavado/ aceite)
Aguaje	Pulpa	0,2807	800-1200	81,0%	69,9%
Girasol	Semilla	(-)	800	93,0%	80,5%
Palma aceitera 1	Pulpa	(-)	4000	80,9%	78,2%
Palma aceitera 2	Pulpa	(-)	4000	72,6%	55,3%
Piñón	Semilla	0,4485	1700	77,7%	68,9%
Ricino o higuierilla	Semilla	0,4686	1200	(-)	(-)
<i>Sacha inchi</i>	Semilla	(-)	(-)	96,5%	86,2%
Soya	Semilla	(-)	375	95,3%	86,2%

Fuente: UNALM, en Ocropoma 2008.

El rendimiento de biodiésel en relación con el aceite es mayor en el caso del *Sacha inchi*, seguido por la soya y el girasol, como se puede observar en la Figura 9.8.

Figura 9. 8. Perú. Rendimiento de la materia prima (biodiésel en relación con el aceite).



Fuente: UNALM, Perú.

6. Instituciones y organizaciones vinculadas

- Agroenfoque
- BIODIÉSEL SPAIN
- CEPES
- Dirección Regional de Agricultura, Cusco
- FONAM
- Ministerio de Energía y Minas
- Instituto Nacional de la Amazonía Peruana
- UNALM
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería)
- PROINVERSIÓN (Promoción de la Inversión). DEVIDA. Embajada de Brasil en el Perú y Petroperú
- Ministerio de Agricultura – Programa para el Desarrollo de la Amazonía
- División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Chile
- Sierra Exportadora

Belice

1. Producción de biodiésel
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de origen vegetal*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Experiencias sobre ensayos o proyectos*
4. Sector público. Políticas y marco regulatorio

1. Producción de biodiésel

Actualmente, no se produce biodiésel en Belice.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. *Principales fuentes de origen vegetal*

Se estima que en Belice existen 200 ha de soja, 50 ha de *Jatropha* y 5 ha de maní; sin embargo, el Ministerio de Agricultura estima que podrían existir unas 200 000 ha de tierra apta para el cultivo de oleaginosas.

Cuadro 10. 1. Belice. Ranking de principales cultivos en el país.

Cultivo	Área estimada (ha)
1 Soja	200
2 <i>Jatropha</i>	50
3 Maní	5

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

Belice presenta un sector de innovación relativamente débil. Al 2007 no se reporta ningún ensayo o proyecto de producción de biodiésel significativo realizado en el país. Tampoco se conocen experiencias relevantes relacionadas con el mejoramiento agro-productivo de cultivos oleaginosos o en mejoras tecnológicas en la producción de biodiésel.

3.1. Experiencias sobre ensayos o proyectos

En el Cuadro 10.2 se describen algunas experiencias relacionadas con el cultivo de *Jatropha* como una fuente potencial de aceite para biodiésel.

Cuadro 10.2. Belice. Instituciones que realizan investigación sobre la producción de biodiésel.

Fundación/proyectos	Descripción
Fundación de Desarrollo y Estudios Tropicales (TSDF)	Contribuye a la economía y protege los recursos naturales del país.
<i>Jatropha</i> para biodiésel, Belice	Demostración de cultivo de <i>Jatropha</i> a la escala comercial. Patrocinado por la Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA) una iniciativa del Ministerio para Asuntos Exteriores de Finlandia, y la CCAD SG-SICA. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo de la Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana
Proyecto de Investigación de Agrosilvicultura OEA	Inter-Cultivos con <i>Jatropha curcas</i> . Patrocinado por la Organización de los Estados Americanos.
Programa de Evaluación y Crianza de <i>Jatropha</i>	Estudio internacional del material de semilla. Coordinado por medio de la Universidad de Wageningen, Holanda.
Programa de Desarrollo Rural de Belice	Proveedor de servicio para agricultores rurales interesados en el cultivo de <i>Jatropha curcas</i> . Patrocinado por la UE.
Centros de innovación de <i>Jatropha</i> con tecnología adaptada para la comunidad	Centros de asistencia comunitaria para el cultivo de <i>Jatropha</i> , situados en tres distritos de Belice. Patrocinados por la OEA.

Fuente: TSDF 2009.

4. Sector público. Políticas y marco regulatorio

Aunque existe un alto grado de interés expresado por las autoridades del Gobierno de apoyar cualquier iniciativa relacionada con la sustitución de combustibles fósiles por energías limpias y renovables, aún se carece de un marco regulatorio.

Actualmente se producen alrededor de 1650 barriles por día de petróleo y los gobiernos de Belice y de la República Bolivariana de Venezuela consideran establecer una refinería de petróleo en los próximos años, con una capacidad proyectada para refinar 10 mil barriles/día.

Costa Rica

1. Producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Tempate (Jatropha curcas)*
 - 2.2. *Higuerilla (Ricinus communis)*
 - 2.3. *Algas*
 - 2.4. *Aceites recuperados*
 - 2.5. *Palma aceitera*
3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Experiencias sobre ensayos o proyectos de investigación*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Proyección de consumo de biodiésel*
 - 5.3. *Posibilidades de expandir la oferta de materia prima*

1. Producción de biodiésel en el país

La capacidad industrial del conglomerado de biodiésel estará ligada al clima de confianza que se brinde a los inversionistas. Se conoce la proximidad de publicación oficial de un decreto ejecutivo, que sería emitido conjuntamente por el MAG y el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) (2009).

La finalidad de este decreto es establecer el marco regulatorio que norme la cadena de valor de los biocombustibles, incluidos los eslabones de investigación y desarrollo, agrícola, industrial y comercial, motivando con ello la aparición de iniciativas que pretendan incursionar en la producción de biocombustibles.

El Gobierno de Costa Rica ha establecido como objetivo de esta normativa la propiciación de un régimen de equidad, a la luz de los principios de inclusión social, sostenibilidad ambiental y energética, y reactivación del agro.

En el Cuadro 11.1 se lista la industria actual y planificada a corto plazo para la producción de biodiésel en Costa Rica.

Cuadro 11.1. Perfil del conglomerado de biodiésel en Costa Rica.

Nombre de la compañía	Lugar	Capacidad m ³ /año	Materia prima
Energías Biodegradables S.A.	Ochomogo, Cartago	36 000	Aceite palma, soya y recuperado
Derivel S.A.	Coyol, Alajuela	34 800	Aceite de palma
Cía Coto 54 S.A.	Golfito, Puntarenas	34 800	Aceite de palma
Dieselloverde S.A.	Alajuela, Centro	1 900	Aceite palma y recuperados

Fuente: Comisión Nacional de Biocombustibles 2007.

El Grupo Numar, por medio de su División Palmatica, desarrolla un proyecto para destinar hasta un 20% de su cosecha de palma a la producción de biodiésel, como un programa para diversificar el mercado del aceite de palma. El plan incluye la construcción de una planta especializada en producir biodiésel bajo el régimen de zona franca, cuya ubicación sería en localidad de Coto 54, Región Brunca de Costa Rica (Barquero 2007).

Energías biodegradables S.A. es la única empresa que opera actualmente y su mercado mayoritario es el transporte público. Labora a un 20 % de su capacidad.

Derivel S.A. (anteriormente denominada como QUIVEL, S.A.), por su parte, es una planta oleoquímica adquirida con capital de los asociados de la Cooperativa de Agricultores de Palma Aceitera, R.L.(CoopeAgropal, R.L), cuyo giro de negocio es la producción de derivados oleaginosos para el mercado nacional y de exportación. Su versatilidad estriba en la implementación de un módulo de producción de biodiésel en la línea de proceso de oleoquímicos.

2. La materia prima. La producción de aceite⁵³

2.1. *Tempate (Jatropha curcas)*

Corresponde a una especie arbustiva, que crece muy bien en climas bastante secos y suelos deforestados y pobres. Sirve muy bien como reforestación y a la vez se aprovecha su cosecha para la producción de aceite vegetal. Se reproduce fácilmente por estacas y es una planta originaria de Mesoamérica.

Otras características son:

- Cultivo de condiciones extremas de suelo y clima.
- Buen productor de aceite.
- Cultivo de reforestación en áreas semidesérticas.
- Plantación cuyo ciclo se prolonga por más de 30 años de producción.

2.2. *Higuerilla (Ricinus communis)*

La higuerilla es una oleaginosa con gran capacidad de adaptación cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales, aunque es típica de regiones semiáridas y no es de consumo humano. Es un arbusto de porte medio y puede sobrevivir en condiciones de relativa sequedad, en terrenos pobres y también en relieves difíciles.

- Permite la inclusión masiva de pequeños productores.
- Producción precoz (150 días).
- Zonas de cultivo de 200 a 1500 msnm.
- Baja inversión agrícola e industria.
- Zonas de producción con bajo índice de desarrollo humano.

2.3. *Algas*

Las algas se desarrollan con alta tecnología en ambientes controlados mediante fotobiorreactores. Se cosechan diariamente y crecen de manera exponencial. Hay muchas especies que contienen hasta un 40% de aceite.

2.4. *Aceites recuperados*

En el país existen tres empresas de recolección.

- Pollo Campero, cadena de restaurantes de franquicias con sede central en Guatemala, espera iniciar con una planta de biodiésel de sus desechos de destace y recolección de aceites de restaurantes.

⁵ Comisión Nacional de Biocombustibles (2007).

- Energías Biodegradables mantiene un programa de recolección de aceites recuperados para la producción de biodiésel.
- La Corporación Alimentos del Rey S.A. (Carsa), de la cadena de restaurantes de comida rápida Burger King, Church's y Papa John's, está utilizando el aceite para hacer las papas fritas como combustible para su flota de 20 camiones unidades de refrigeración, que consumen cerca de 9000 litros de biocombustibles puros, sin mezclas con derivados del petróleo.

2.5. *Palma aceitera*

La agroindustria nacional se ha consolidado por más de 60 años y se dedica exclusivamente a la industria alimentaria. Se encuentra localizada en los mejores suelos y climas, aptos para la producción agrícola de la palma aceitera.

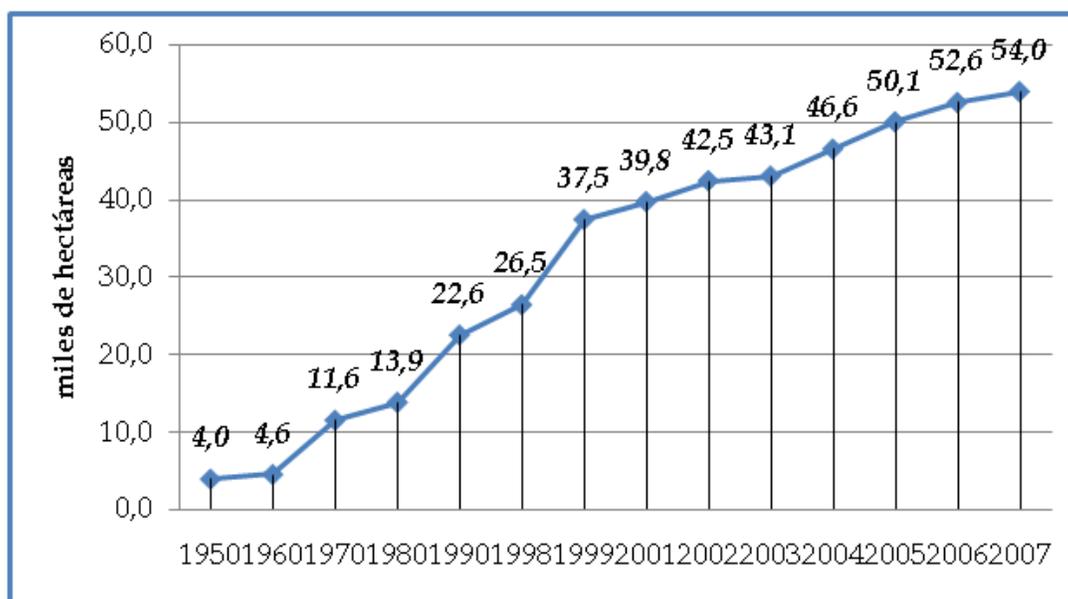
Sus principales características son:

- Cultivo con 67 años de trayectoria en el país.
- Área sembrada de 52 000 ha.
- Cultivo de bajo riesgo y alto rendimiento.
- Cultivo perenne que favorece la cobertura vegetal del suelo.
- Plantaciones permanentes de 25 años de producción
- Estabilidad de cosecha durante el año a partir del cuarto a quinto año de la plantación.
- Cultivo altamente tecnificado en producción agrícola e industrial.

Al año se producen más de 30 millones de toneladas de aceite de palma en el mundo, según los datos obtenidos de la Mesa Redonda sobre el Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés). Costa Rica, con una producción de 175 mil toneladas anuales en el 2005, ocupaba el tercer lugar entre los productores de América Latina, detrás de Colombia con una producción anual cercana a las 600 mil toneladas; y de Ecuador, que produce 250 mil toneladas (FAO).

El cultivo de palma aceitera se ha arraigado a la estructura socio-productiva de Costa Rica, pues desde la década de los cincuentas hasta el presente, la superficie de siembra ha tenido un significativo y sostenido crecimiento (tasa media anual de 6,3% para el período 2001 - 2007) y ha contribuido con múltiples oportunidades para el desarrollo rural y agroindustrial.

Figura 11.1. Costa Rica. Evolución de la superficie de siembra de palma aceitera 1950-2007.



Fuente: Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), con base en Cámara Nacional de Productores de Palma (CANAPALMA).

Históricamente, la palma se ha desarrollado en la franja costera del pacífico de Costa Rica. Se han determinado algunos ejes de desarrollo: Parrita - Quepos; Palmar - Río Claro - Puerto Jiménez; Coto - Laurel; y recientemente se han desarrollado plantaciones en la zona Atlántica, donde se genera el eje Matina - Guápiles - Siquirres.

Cuadro 11.2. Costa Rica. Superficie de siembra y productividad agrícola, según eje de desarrollo (2004).

Eje de desarrollo	Región	Superficie (ha)	Participación (%)	Rango de productividad (t/ha)	
Parrita - Quepos	Pacífico Central	15 274	32,8%	18,0	23,0
Palmar- Río Claro - Puerto Jiménez	Pacífico Sur	8 000	17,2%	13,0	18,0
Coto - Laurel	Pacífico Sur	22 300	47,8%	20,0	25,0
Matina - Siquirres - Guápiles 1/	Huétar Atlántica	1 033	2,2%	22,0	26,0
Total		46 607	100,0%	18,1	23,1

Nota: 1/ Al año 2008, la superficie de cultivo logró consolidarse e incrementar su participación en 2254 ha, en el eje constituido por Matina - Siquirres - Limón, de conformidad con información brindada por la ASOPALMA.

Fuente: Alfaro 2006.

Para el período comprendido entre el 2001 y el 2007, la superficie de cultivo y la producción de fruta fresca de palma aceitera mostraron una tasa media anual de crecimiento del 6,3% y 4,4%, respectivamente, conforme se presenta en el Cuadro 11.3.

Cuadro 11.3. Costa Rica. Producción de palma y aceite de palma.

Año	Área (miles de ha)	Producción agrícola (miles de t de fruta fresca)	Rendimiento (t de fruta fresca / ha) ^{1/}	Producción de aceite (miles de t ACP)
2001	39,8	666,1	18,2	149,9
2002	42,5	571,2	14,6	128,4
2003	43,1	581,0	14,7	131,5
2004	46,6	670,0	15,6	150,8
2005	50,1	700,0	15,2	175,0
2006	52,6	872,4	18,0	196,3
2007	54,0	824,9	16,6	185,6

Notas 1/ Rendimiento sobre la superficie de plantaciones en producción, estimada en un 92% con respecto a la superficie total de siembra (en desarrollo y en producción). Escobar y Peralta (2008). Ponencia presentada en la conferencia internacional sobre la investigación & las oportunidades educativas en la producción de cultivos para biocombustibles.

2/ ACP = aceite crudo de palma.

Fuente: SEPSA 2008.

La estructura agrícola de la palma aceitera en Costa Rica evidencia que el sector cooperativo mantiene una significativa participación en la superficie total de siembra, de tal manera que para el año 2006, esta forma organizativa agroempresarial mantuvo un 23% del total de las plantaciones y se estima que podría haber beneficiado a 1189 familias en diferentes comunidades rurales (Cuadro 11.4).

Los productores independientes también constituyen un sector relevante en la estructura agrícola. Participan en un 37% del total de la superficie de siembra, con lo que pueden beneficiar a 705 productores o familias aproximadamente.

El sector privado, organizado alrededor del esquema agroempresarial de Palma Tica, suple de la materia prima a las plantas extractoras. Junto con el sector cooperativo e independiente, mantiene un 40% de la superficie total de siembra y beneficia a un total de 2605 trabajadores de este consorcio.

Los productores agrícolas y los representantes de la industria de aceite de palma han realizado acuerdos de competitividad para la fijación del precio agrícola al productor, referenciado al precio internacional transado en Róterdam.

Cuadro 11.4. Costa Rica. Estructura agrícola de la palma aceitera en el 2006.

Sector	Superficie de siembra (ha)	Participación	Familias
Privado	20 842	40%	2 605
Cooperativas	11 898	23%	1 189
Independientes	19 960	37%	705
Total	52 700	100%	4 499

Fuente: Escobar y Peralta 2008.

El sector industrial aceitero lo constituyen principalmente cinco plantas extractoras, que utilizan subproductos para agregarle un eslabón más a esta agrocadena. En total, la industria procesa alrededor de 200 t por hora (Cuadro 11.5).

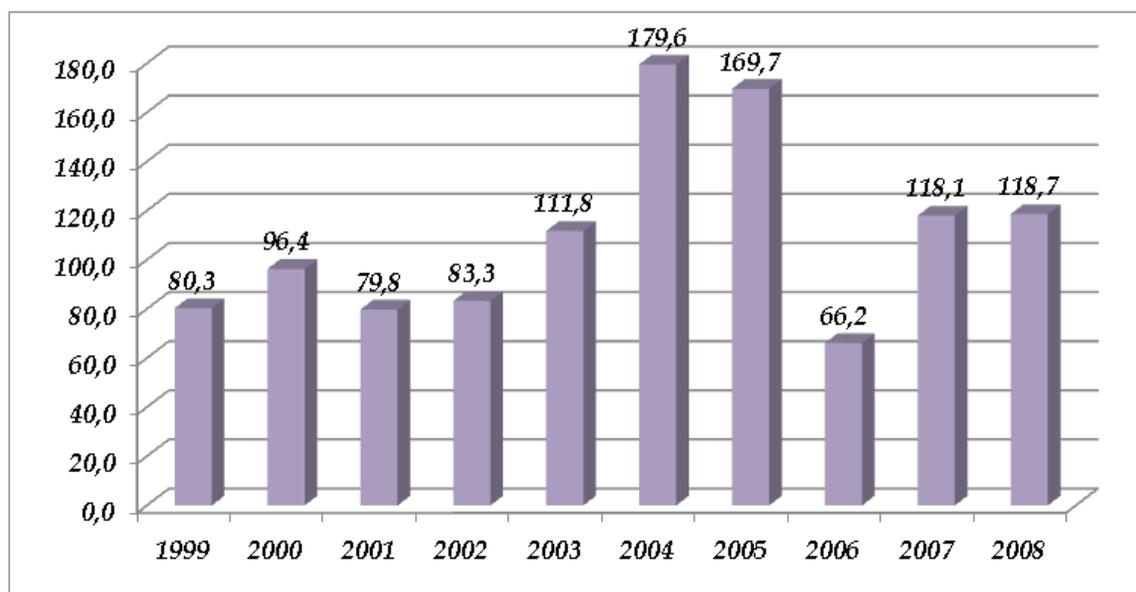
Cuadro 11.5. Costa Rica. Capacidad de la industria aceitera.

Planta industrial extractora	Capacidad (t/hora)
Naranja (Palma Tica)	30
Palo Seco (Palma Tica)	32
Coto (Palma Tica)	75
Roble (Coopeagropal)	45
CIPA	15
Total	197

Fuente: Ministerio de Agricultura 2005.

El principal destino de la producción es la exportación, que en el 2001 representó el 65% del volumen producido. Sin embargo, la industria espera aumentar esta participación para alcanzar rangos entre el 70% y 80% del volumen producido. La Figura 11.2 representa el desempeño de la exportación de aceite de palma a partir de 1999 y hasta el 2008.

Figura 11.2. Costa Rica. Exportaciones de aceite de palma y sus fracciones. Período 2001-2008 (miles de toneladas).



Fuente: SEPSA, con información del Banco Central de Costa Rica.

3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Iniciativas públicas o privadas

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) planea incursionar a mediano plazo en la generación eléctrica mediante la utilización de biodiésel, como parte de su política de producción eléctrica basada en fuentes renovables. Los experimentos en plantas propias avanzan e incentivan a técnicos e investigadores para llegar a niveles de rendimiento que permitan, en el menor plazo posible, utilizar los combustibles limpios en todas las unidades térmicas de producción de electricidad.

Este objetivo también responde a lo contemplado en el PND del Gobierno, el cual propone que para el 2021 el país sustente toda su producción de energía en fuentes renovables. Con ello se pretende alcanzar dos objetivos cruciales ante la creciente demanda de energía: seguridad en el suministro y calidad mediante emisiones mínimas de contaminantes.

Gracias a la privilegiada ubicación geográfica de Costa Rica, el ICE produce el 93,31% de la electricidad a partir de fuentes renovables de energía, tales como la hidráulica (ríos y embalses) que aporta un 76,65%, la geotérmica (energía proveniente de yacimientos naturales de vapor) que produce un 15,34% y la eólica (la fuerza del viento) que genera un 1,31%. La generación basada en las plantas termoeléctricas (plantas movidas con combustibles) es de 6,69% y se acentúa durante las estaciones secas o de verano ante la disminución de los caudales de los ríos.⁵⁴

Funcionarios del Centro de Generación COSABA, de la Unidad Estratégica de Negocios Producción de Electricidad, dependencia a cargo de la operación y mantenimiento de las plantas térmicas Colima, San Antonio y Barranca, indicaron que en la planta San Antonio se experimentó con una mezcla tipo B15 (15% biodiésel y 85% diésel de petróleo). Aunque no es una prueba contundente y definitiva, se lograron reducciones de las emisiones de gases, aunque con una disminución leve en el rendimiento de la turbina. En otras mediciones complementarias, el uso de la mezcla de combustible no alteró el funcionamiento de la turbina.

Además, el ICE ha iniciado pruebas para evaluar técnicamente el uso de mezclas de biodiésel con diésel en la producción de electricidad, lo cual permitiría la versatilidad de las plantas térmicas existentes para que funcionen también con combustibles renovables, por lo menos en bajas proporciones, informaron en el Centro de Generación COSABA. Mediante estas pruebas, se pretende comprobar la factibilidad del biodiésel para su uso y sobre todo determinar alguna mezcla óptima que brinde un balance energético económico adecuado.

La institución brinda especial énfasis a los avances de las investigaciones sobre los rendimientos del biodiésel. La eventual utilización del biodiésel debe ser vista como un

⁵⁴ Para la generación de electricidad en sus seis plantas térmicas, el ICE cuenta con una capacidad total de almacenamiento del diésel y el búnker de 57 115 m³.

cambio estratégico para fortalecer la sustitución de los combustibles fósiles por combustibles más limpios y con un alto componente de producción nacional.

Por otro lado, es necesario que se garantice el suministro necesario de biodiésel, para operar comercialmente y determinar cuáles plantas de generación podrían adaptarse a esta posibilidad energética, según su ubicación geográfica, su condición técnica y facilidad de suministro.

3.2. Experiencias sobre ensayos o proyectos de investigación

Existen varias instituciones académicas que trabajan en el tema, como la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED).

Los principales proyectos sobre el tema de energía que se efectúan en la UCR se listan en el Cuadro 11.6.

Cuadro 11. 6. Proyectos sobre energía de la UCR ^{1/}

Proyectos	Investigadores (-as)
Sistema de información geográfico: diseño e implementación de un sistema de información geográfico aplicado al petróleo.	Luis G. Obando Acuña, Escuela de Geología
Módulos agroindustriales de mini-destilerías de alcohol como base para la sustitución de petróleo y sus derivados*	Orlando Bravo Trejos, CELEQ
Aceite combustible de palma africana*	Juan Rossi, David Messeguer y Walter Gutiérrez, sede regional de Limón
Combustibles biomásicos*	Álvaro Umaña Quesada y Rosendo Pujol Mesalles, INII
Características y composición de carbones de Costa Rica: Factibilidad de obtención de combustibles líquidos*.	Sadie Bravo Pérez, Orlando Bravo Trejos y Paulina Silva Trejos, CELEQ
Combustibles sintéticos a base de productos agroindustriales*	Pablo Zúñiga Alvarado y Orlando Bravo Trejos, CELEQ
Estudios sobre aceites lubricantes. Ahorro de combustibles*	Pablo Zúñiga Alvarado, CELEQ
Combustibles y lubricantes*	Pablo Zúñiga Alvarado, Juan Antonio Solano Herrera y Juan Rafael González Maroto, CELEQ
Determinación de azufre en combustibles como contaminante atmosférico	Pablo Zúñiga Alvarado y Juan Rafael González Maroto, CELEQ
Detección de la contaminación malintencionada de combustibles nacionales*	Pablo Zúñiga Alvarado, Juan Antonio Solano Herrera y Juan Rafael González Maroto, CELEQ

Nota: 1/ Actualmente muchos otros esfuerzos en agroenergía de la UCR son coordinados por Julio Mata Segreda, Coordinador del Programa Interinstitucional de Energías Renovables y profesor de Física-Química Orgánica, Escuela de Química, UCR, julio.mata@ucr.ac.cr

Fuente: Vicerrectoría de Investigación, UCR.

En el Cuadro 11.7 se presentan otras iniciativas públicas y privadas en Costa Rica.

Cuadro 11.7. Costa Rica: Algunas iniciativas agroenergéticas, públicas y privadas.

<p>Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza</p> <p>CATIE ha realizado diversas investigaciones con respecto a los rendimientos de las diferentes especies de los agro-energéticos, para determinar su manejo adecuado y así definir los suelos que se deben mejorar y producir para obtener el mayor provecho. Igualmente, desarrolla evaluaciones de las consecuencias en el uso y siembra de agro-energéticos.</p>	
<p>Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) en conjunto con el ICE</p> <p>El IDA en conjunto con el ICE han desarrollado experiencias en la zona del atlántico, mediante la capacitación de mano de obra y compra de semillas producidas. Estas semillas son compradas por el ICE para así extraer el aceite y producir biodiésel.</p>	
<p>CEMEX</p> <p>Desarrolla la "Iniciativa para la sustentabilidad del cemento", en la que desea reducir su huella de carbono. Para lograr esto, utiliza cascarilla de arroz como fuente de energía para sus hornos, ha generado certificados de carbono y se ha comprometido a sembrar 10 000 árboles de tempate. Actualmente se realiza un proyecto, cuyo fin es contribuir al desarrollo rural en la comunidad alrededor de la planta de CEMEX, donde se genera energía renovable a partir de higuera y tempate.</p>	
<p>Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L. (CoopeVictoria)</p> <p>Su objetivo principal es utilizar la biomasa para su autoabastecimiento energético, mediante el reciclaje de 10 mil toneladas de residuos. Ya cuenta con una prensa de extracción de aceite y ha generado 50 mil litros para su parque automotor.</p>	
<p>Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE)</p> <p>RECOPE tiene el mandato gubernamental de potenciar el desarrollo de biocombustibles y la responsabilidad de ofrecer combustible limpio. Deben aportar a la gasolina 8% de etanol (E8) y al diésel un 5% de biodiésel (B5). Actualmente se encuentran realizando un proyecto piloto de producción de combustible con basura y pruebas de aceite de tempate e higuera a nivel de laboratorio.</p> <p>Junto a la estación experimental Fabio Baudrit de la UCR, se planea la siembra de 12 ha de <i>Jatropha</i> en el plantel de distribución de la Garita, con el propósito de consolidar experiencia en el almacenamiento de semilla, contenido de humedad y aceite de semilla, y pruebas de extracción de aceite. La experiencia recabada permitiría el establecimiento de normas o parámetros de calidad comercial del aceite, que son fundamentales para el recibo de aceite de los productores en las diferentes regiones agrícolas del país.</p>	

Fuente: RECOPE (Refinadora Costarricense de Petróleo) en Reunión /taller Energía renovable para el desarrollo rural en Costa Rica.

Figura 11.3. Costa Rica. Ubicación geográfica de algunos proyectos de biocombustibles.



Fuente: Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) en Reunión /taller Energía renovable para el desarrollo rural en Costa Rica.

4. Políticas públicas y marco regulatorio ⁵⁵

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El Programa Nacional de Biocombustibles busca el cumplimiento de cuatro metas fundamentales:

- El mejoramiento de la seguridad energética.
- Contribuir a la mitigación del cambio climático.
- La reactivación del agro.
- Desarrollo social por la generación de la producción y consumo de biocombustibles a nivel nacional.

En cuanto a las metas concernientes a la reactivación del agro y el desarrollo social, el Gobierno de Costa Rica impulsa un plan para promover el cultivo de fuentes vegetales

⁵⁵ MINAE y MAG 2008.

para la producción de biocombustibles, entre las cuales se incluye la caña, la yuca, la higuera, el sorgo y la palma.

Los cultivos de caña de azúcar, yuca industrial, sorgo, higuera, palma aceitera *jatropha* (tempate) surgirán en el país, pues se promoverán como materia prima para etanol y biodiésel. Esta ha sido una de las primeras definiciones del Gobierno, obtenidas luego de investigaciones realizadas por la Comisión Nacional de Biocombustibles.

La palma y la caña de azúcar son los cultivos tradicionales que han consolidado una sólida base exportadora⁵⁶. Con los incentivos apropiados, se convertirán en producción nacional de biocombustibles.

Otros productos como higuera y yuca son propiciadores de empleo a pequeños agroempresarios en zonas de muy bajo índice de desarrollo humano. En el plan se propone la utilización del biodiésel producido del aceite del mesocarpio de la palma africana para conformar una mezcla del 20% de biodiésel y 80% de diésel, con el fin de ser utilizado en vehículos movidos con motores diésel. La mezcla iniciaría en su primer año con una proporción del 2% - 3% hasta alcanzar gradualmente la meta de 20%, en un plazo razonable, para el cual se lograrían adecuar suficientes condiciones jurídicas, normativas y de mercado.

4.2. Marco regulatorio

El éxito de la producción y consumo del biodiésel dependerá de una cadena productiva donde coexistan muchos actores a nivel nacional, así como de una armoniosa legislación y regulación por parte del Estado.

Costa Rica cuenta con un marco legal que le permite la oxigenación de los combustibles, lo que facilita su empleo en mezclas. Por otro lado, no se requiere de una reforma legal a la Ley 7356 del monopolio estatal de hidrocarburos administrado por RECOPE ni a la Ley 7593 de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), para incorporar al mercado de los combustibles un producto elaborado a partir de combustible fósil y combustible de origen biomásico, en cualquier proporción. Es suficiente que se cumpla la legislación y normas vigentes.

Al B100 como carburante, elaborado en un 100% a partir de biomasa, no le afectan las regulaciones dispuestas en materia de petróleo y sus derivados, por lo que su aplicación puede darse de forma inmediata, siempre que se cumpla con las especificaciones técnicas del producto, emitidas por los entes competentes.

Actualmente, el esquema de mercado de los combustibles en Costa Rica está muy bien regulado, debido a que RECOPE administra el monopolio del Estado, en las etapas de importación, refinación y distribución mayorista de los derivados de petróleo. Lo vende

⁵⁶ Según el informe final de la Subcomisión de identificación de capacidades de producción, de la Comisión Nacional de Biocombustibles, si todas las exportaciones de aceite crudo de palma se convirtieran en biocombustibles para el mercado nacional, en el año 2007 se habría podido sustituir un 18 % del diésel.

tanto a distribuidores, estaciones de servicio y *peddlers* (vendedores de combustible sin punto fijo de venta), que a su vez les venden a usuarios finales.

En abril del 2007, se publicó la Resolución n.º 198-2007 del Consejo de Ministros de Integración Centroamericana (COMIECO - XLIV), Reglamento técnico centroamericano 8RTCA) 75.02.43:07, biocombustibles, biodiésel (B100) y sus mezclas con aceite combustible diésel. Mediante esta resolución, se establecieron las especificaciones técnicas de este biocombustible.

Existe también regulación del almacenamiento y transporte de biocombustibles⁵⁷. Quienes almacenan y transportan derivados de hidrocarburos, tienen la obligación de presentar las pruebas de hermeticidad de los tanques (entre otros requisitos), las cuales deben determinar con precisión si los tanques presentan fisuras o perforaciones.

5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

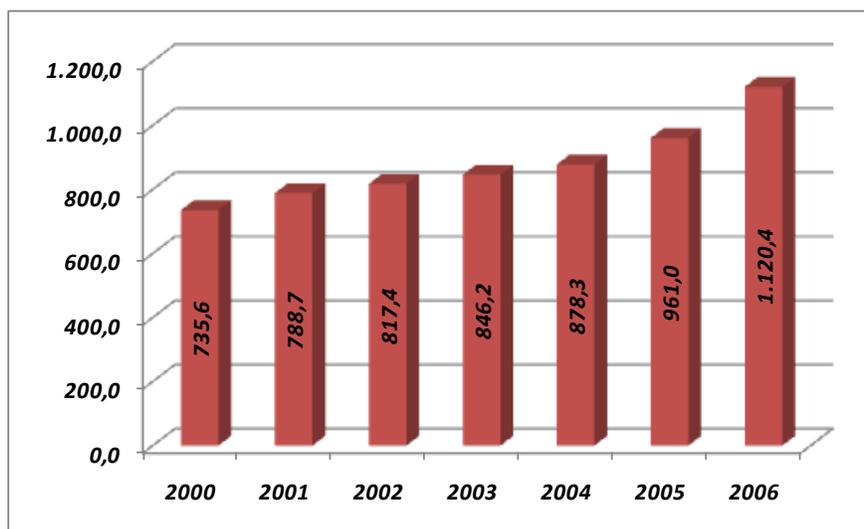
El consumo general de hidrocarburos en el país se incrementó un 6,65% durante el año 2006 en comparación con la demanda del 2005.

El consumo de diésel, principalmente para su uso en el sector transporte, experimentó un crecimiento de un 7,75% en el mismo período, mientras que el consumido por el ICE para la generación de electricidad pasó de 478 057 barriles (76,0 millones de litros) en el 2005 a 1 035 339 barriles (164,6 millones de litros) en el 2006, lo que significó un incremento del 116,5% (Figura 11.4).

En el 2006 se vendieron 1120,4 millones de litros de diésel, de los cuales solo un 57% se vendió a estaciones de servicio, un 15% al ICE y el resto a municipalidades, constructoras, hospitales y otros clientes diversos.

⁵⁷ Sobre la base del Artículo 5, inciso d) de la Ley 7593 de la ARESEP y los decretos ejecutivos 24813-MAE, 30131-MINAE-S y 31502-MINAE-S, el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), a través de la Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles (DGTCC), es el competente para otorgar las autorizaciones de almacenamiento y transporte de derivados de hidrocarburos, de estaciones de servicio, de tanques de autoconsumo y camiones cisternas. Véase Legislación Energética en Costa Rica disponible en <http://www.dse.go.cr/es/02ServiciosInfo/Legislacion/menu.htm>.

Figura 11.4. Costa Rica. Consumo de diésel 2000–2006 (millones de litros).

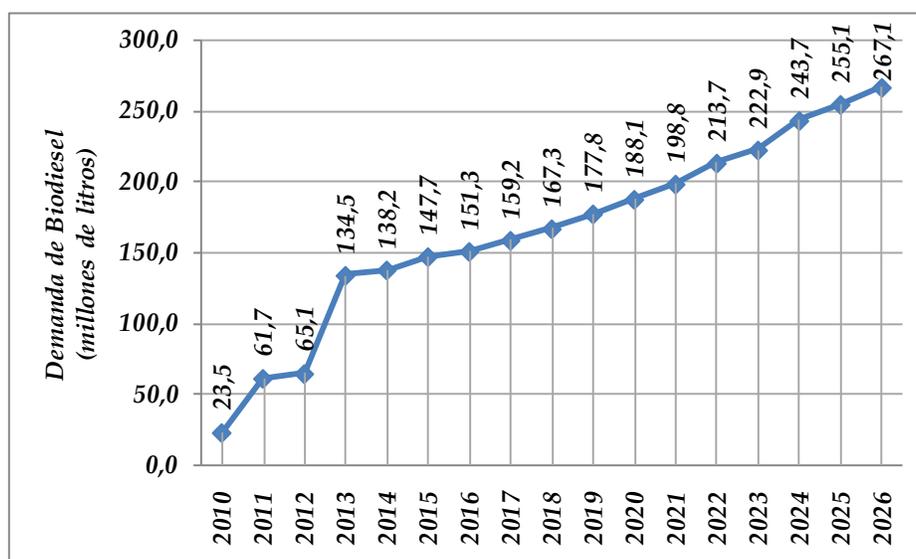


Fuente: RECOPE 2007.

5.2. Proyección de consumo de biodiésel

En una proyección de consumo de biodiésel para el largo plazo elaborada por RECOPE, se establece un 16,4% de crecimiento en la tasa media anual, para el período 2010 - 2026, como se muestra en la Figura 11.5.

Figura 11.5. Costa Rica. Proyección de demanda de biodiésel. Escenario medio. Período 2008–2026 (millones de litros) ^{1/}



Nota: ^{1/} Escenario medio de mezcla de biodiésel: 2% para el período 2008 - 2010; 5% para el 2011 - 2012; y un 10% para el 2013 - 2026.

Fuente: RECOPE 2007.

La propuesta de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles incide directamente en la composición del mercado, donde el Gobierno –a través del MINAE, el MAG, RECOPE y la ARESEP– generará nuevas acciones y las coordinará con otros agentes del mercado, como agencias de autos, talleres y la prensa nacional.

En este nuevo esquema, la cadena ya no se inicia con RECOPE, sino con los proveedores de biocombustibles, quienes le venden a RECOPE y este se encarga de hacer las mezclas para venderlas a los distribuidores y a algunos consumidores finales. Sin embargo, se abre la posibilidad de que productores de biodiésel lo vendan sin mezclar a algunos distribuidores y a usuarios finales.

5.3. Posibilidades de expandir la oferta de materia prima

Costa Rica es el tercer país más pequeño de América Continental, que ha decidido conservar el 25% de su territorio a diferentes sistemas de conservación, por lo que el fomento de cultivos debe ser muy cuidadoso.

Los cultivos destinados para la producción de biocombustibles solamente se ubicarán en tierras cuyo uso actual es agropecuario. Por lo tanto, deberá cumplirse con la normativa vigente en materia ambiental, que impide el cambio de uso de bosques, humedales y otros ecosistemas.

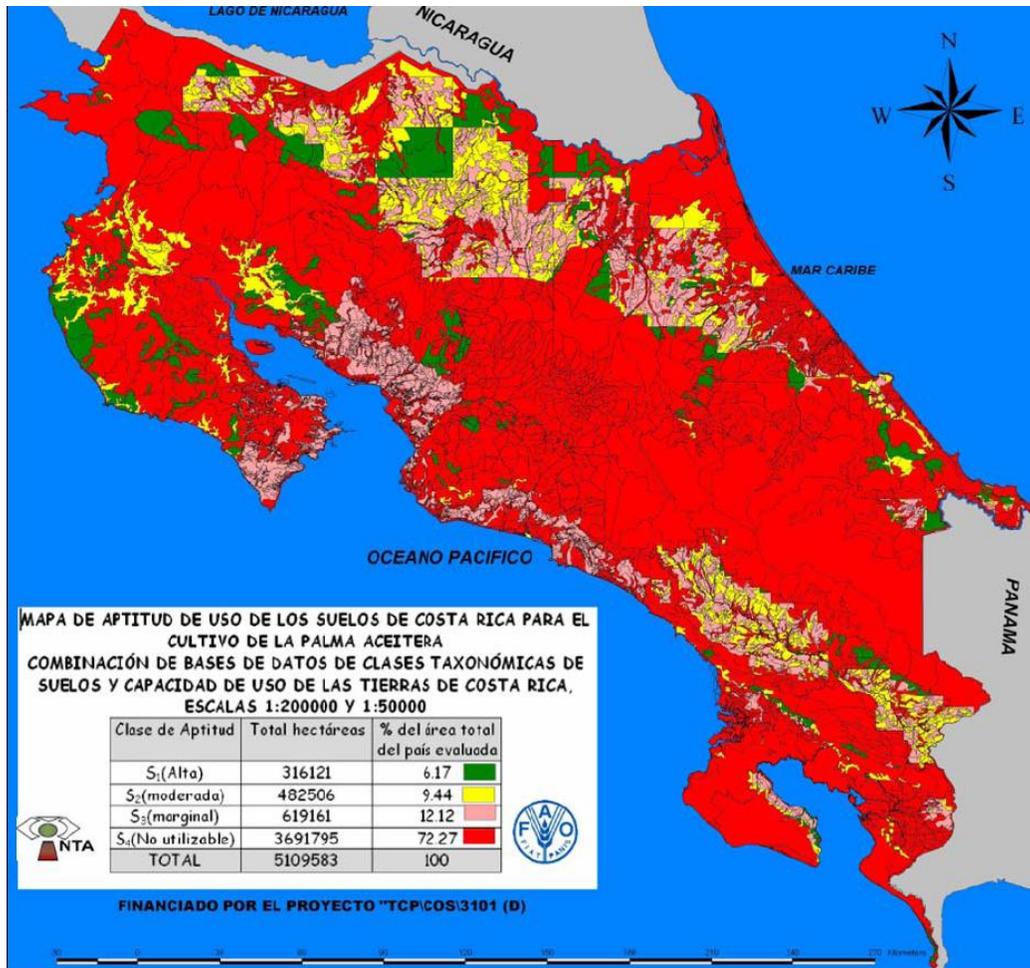
De igual forma, se deberá respetar el patrimonio natural del Estado ubicado en las distintas categorías de manejo de áreas silvestres protegidas, las áreas de protección de ríos, lagunas, acuíferos o zonas de recarga o en la zona marítimo terrestre. Se debe evitar la fragmentación de ecosistemas y de sus conectividades, como los corredores biológicos.

Según la información básica de suelos y capacidad de uso de las tierras preexistente en su sistema de información geográfica, corresponde al Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) de Costa Rica, el levantamiento de un mapa de aptitud de uso de los suelos para el cultivo de la palma aceitera.

Consecuentemente, el INTA con apoyo de la FAO elaboró una matriz para la zonificación de la aptitud de uso de los suelos para palma aceitera. Para ello recurrió a los parámetros de clasificación de la aptitud de uso para este cultivo (Paramanathan 2003:27-57).

Como resultado final, se obtuvo un mapa de aptitud de uso de los suelos para dicho cultivo. Como se observa en la Figura 11.6, existen cerca de 800 mil hectáreas con una buena o moderada aptitud para ser utilizadas en el cultivo de palma africana. Sin embargo, si una hectárea está en capacidad de producir hasta 18,6 t de fruta de palma por año, la cual a su vez permite obtener 0,225 kg de aceite/kg de fruta, esta superficie estaría en capacidad de producir más del triple de las ventas totales de diésel del año 2006 (FAO 2008 e INTA 2008).

Figura 11.6. Costa Rica. Mapa de aptitud de uso de los suelos de Costa Rica para el cultivo de la palma aceitera. ^{1/}



Nota: 1/ Se excluyen: la gran área metropolitana, todas las tierras mayores a 1200 msnm, todas las tierras no irrigadas de la Región Chorotega, y todas las áreas de protección, según el mapa del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO 2000, disponible en <http://www.sirefor.go.cr/mapas.html>).

Fuente: INTA 2008.

1. La producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de origen vegetal*
 - 2.2. *Costos promedio de producción de la materia prima*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *El consumo de diésel*
 - 5.2. *Fuentes potenciales de aceite*

1. La producción de biodiésel en el país

Hasta el momento no se reporta producción comercial de biodiésel en El Salvador, aunque en mayo del 2007 se inauguró la primera planta industrial de biodiésel con base en aceite vegetal. La planta de la empresa Bio Energía S.A. trabaja con aceite de palma, soja, higuierillo, tempate y coco, y tiene una capacidad de producir 5,4 millones de litros anuales de biodiésel.

Cuadro 12.1. El Salvador. Empresas involucradas en la producción de biodiésel.

Productor de biodiésel	Ubicación	Materia prima	Capacidad instalada (t/año)	Producción estimada (litros/mes)	Situación actual
Guibar	Sonsonate	Aceites usados o grasas animales	160	15 160	Produciendo con materias primas mencionadas
Sun Energy	Santa Ana	Aceites usados o grasas animales	80	7 580	Producción con materias primas mencionadas
Inversiones andrómeda	San Salvador	Aceites usados o grasas animales	80	7 580	Producción con materias primas mencionadas
QUINDECA	San Salvador	Aceites usados o grasas animales	40	3 750	Producción con materias primas mencionadas
ADEL Morazán	Morazán	Aceites vírgenes de higuera y tempate	633,5	60 000	No se ha iniciado la producción. Se está a la espera de las materias primas mencionadas
Sociedad Industrial de Aceite de Ricino	San Miguel	Aceites vírgenes de higuera y tempate	64	6 064	No se ha iniciado la producción.
Bioenergía	Sonsonate	Aceites de palma	4 800	454 800	Coinversión del Gobierno a través de la Corporación Salvadoreña de Inversiones (CORSAIN)
CENTA	La Libertad	Aceites vírgenes de higuera y tempate	480	45 480	Convenios de investigación y cooperación con CORPOICA de Colombia

Fuente: CENTA 2009.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes de origen vegetal

Además de la palma africana y el cocotero, existen en el país cuatro cultivos con potencial en la producción de aceite para la elaboración de biodiésel: el tempate, el higüerillo, el algodón y la soya.⁵⁸

2.2. Costos promedio de producción de la materia prima

Cuadro 12.2. El Salvador. Costo de producción del cocotero en la cosecha 2005-2006.

Concepto	Unidad	Cantidad
Costo total	US\$/ha	1 148,75
Rendimiento	Unidades/ha	296 700
Costo unitario	US\$/unidad	0,00387

Fuente: MAG.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel

Se han realizado pruebas de producción de biodiésel a nivel experimental en el Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA) con buenos resultados. También se ha probado el combustible en un motor de autobús. Además, se tienen cultivos de tempate (*jatropha*) a pequeña escala y se ha instalado una planta piloto para la producción de biodiésel de higüerillo (ricino) (www.olade.org).

En el Cuadro 12.3 se describen brevemente algunas de las iniciativas públicas y privadas que se efectúan en El Salvador y que están relacionadas con la producción de biodiésel.

⁵⁸ Información disponible en <http://www.olade.org/biocombustibles.old/Documents/PDF-22-4%20EI%20Salvador.pdf>

Cuadro 12.3. El Salvador. Descripción de iniciativas relacionadas con la producción de biodiésel.

Institución o empresa	Descripción	Fuente
Bio Energía S.A. (Empresa mixta, el Gobierno participa con 35%)	En abril del 2007, inauguró su primera planta industrial de biodiésel a con base en aceite vegetal, como parte de una política de reducción de la dependencia del petróleo.	ediciones.prensa.com coexport.com
Bio Energía S.A., Gobierno de El Salvador, Convenio con Brasil (13 agosto del 2007)	Actualmente, el biodiésel se elabora con aceite de palma africana, pero el plan es comenzar a usar higuierilla y cultivarlo en el país. Ya hay un plan piloto para sembrar 350 ha de esta planta, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, y se ha firmado un convenio con Bio Energía, para comprar la producción a precios de mercado. La Comisionada para la Agricultura, Carmen Elena de Sol, dijo que con Brasil se firmó un Convenio de Asistencia Técnica en Biocombustibles. “Vienen técnicos para ver el tema de siembra de higuierilla, con la semilla de ellos conocida como ‘mamona’, que es mucho más oleaginosa y grande que la que nosotros tenemos aquí”, indicó.	coexport.com
Gobierno de El Salvador, Central American University (UCA), Gobierno de Finlandia (2006).	Se establece una planta piloto para la producción de biodiésel con una capacidad de producción de 400 litros de biodiésel al día. Las plantas que se usarán son <i>jatropha curcas</i> , conocida como tempate localmente, ricino o castor conocido como higuierilla.	www.ruta.org
GUIBAR, S.A. de C.V. (2005)	En la actualidad produce 1324 litros / día (350 galones diarios) de biodiésel utilizando diversas fuentes de aceite entre las cuales está el reciclado que compran en todo el territorio salvadoreño.	www.biodiésel-elsalvador.blogspot.com/
Gobierno de El Salvador Gobierno de Colombia (24 de abril del 2008).	El CORPOICA contrató a UT Ingeomega-Biosgeos para la fabricación, construcción, exportación, instalación y puesta en marcha de una planta de biodiésel con capacidad de 10 mil litros por día, con tecnología Colombiana y que estará ubicada en la localidad de San Andrés, en las instalaciones del CENTA en El Salvador. El proyecto se circunscribe dentro del Programa Mesoamericano de Biocombustibles, Plan Puebla Panamá.	http://www.mincomercio.gov.co/eContent/documentos/Eventoshome/2008/ForoCuenca-infraestructura.pdf
La Agencia	El responsable del área técnica de ADEL-Morazán, Víctor Espinoza,	www.infoagro.com

Cuadro 12.3. El Salvador. Descripción de iniciativas relacionadas con la producción de biodiésel.

Institución o empresa	Descripción	Fuente
<p>Salvadoreña de Desarrollo Económico Local (ADEL-Morazán) (7 de abril del 2008).</p>	<p>mostró a los funcionarios de la Oficina del IICA-Nicaragua y del Proyecto IICA/Red SICTA que visitaron el lugar, 7,3 ha (10 manzanas) de terrenos pedregosos, en donde el tempate comenzaba a crecer en febrero, sin que las elevadas temperaturas del verano tropical y la carencia total de agua afectaran su desarrollo.</p> <p>Con apoyo de una organización no gubernamental española, ADEL - Morazán instaló una planta completa con capacidad para procesar la semilla proveniente de 500 hectáreas de tempate, y producir cinco mil litros diarios de biodiésel. Informes técnicos sostienen que una hectárea de tempate puede producir hasta ocho toneladas métricas de semilla, equivalentes a unos 2,8 miles de litros de combustible por hectárea.</p>	
<p>Gobierno de El Salvador- ITCA.</p>	<p>Año 2005. Experiencia de biodiésel obtenido de higuierillo (ricino).</p>	<p>www.minec.gob.sv</p>

Fuente: Información brindada por la Oficina del IICA en El Salvador.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

De acuerdo con SNV y WBCSD (2008), en mayo del 2007 se presentó la política energética de El Salvador, donde se consideran los siguientes lineamientos estratégicos directamente relacionados con los biocombustibles:

- a. Diversificación e incremento de las fuentes de energía, principalmente a través de fuente de energía renovable, como la hidráulica, la geotérmica, la solar, la eólica, y los biocombustibles, entre otras, así como la producida por carbón mineral y gas natural, compatibles y en armonía con el medio ambiente. Esta iniciativa permitirá reducir la dependencia de los factores externos ligados a los combustibles.
- b. Promoción de la eficiencia del mercado y establecimiento de reglas claras y estables: propiciar la participación de inversionistas en la producción y comercialización de energéticos, a través del establecimiento y cumplimiento de reglas claras, predecibles y estables, en un ambiente de libre competencia.

En torno a los biocombustibles, se establecieron seis grandes líneas de acción, de acuerdo con Rivas (2007):

- i. Diversificar la matriz energética.
- ii. Reducir la vulnerabilidad a condiciones externas.
- iii. Fortalecer y diversificar la agricultura, para generar empleo y prosperidad.
- iv. Disminuir los efectos dañinos de las emisiones de gases.
- v. Provocar impactos positivos derivados de la reforestación.
- vi. Facilitar el nacimiento de una industria para la exportación.

4.2. Marco regulatorio

El Ministerio de Economía y el Ministerio de Agricultura y Ganadería han trabajado en un marco legal para el etanol. El proyecto busca la obligación de un porcentaje de mezcla del etanol con gasolina hasta de un 10%. De igual forma en la Asamblea Legislativa se discute una propuesta de ley para el biodiésel, que pretende hacer obligatoria una mezcla de por lo menos el 2% con el diésel.

Ambos ministerios gestionan la cooperación de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Fundación Getulio Vargas de Brasil, el *US Trade and Development Agency* (USTDA), entre otros. El propósito es obtener asistencia técnica en el abordaje de temas referentes a la definición de una política de biocombustibles, fortalecimiento del marco legal e institucional y el fomento a la producción del etanol y del biodiésel, con la visión de que los agroenergéticos no compitan con los alimentos y sean fuente de ingresos complementarios para los agricultores.

En junio del 2006, el Decreto Ejecutivo n.º 60 estableció el Consejo Nacional de Energía, que es una instancia de carácter permanente y de representación *ad honorem* que tiene como objeto proponer, gestionar y coadyuvar, con los organismos correspondientes, a la aprobación de estrategias energéticas que contribuyan al desarrollo socioeconómico del país, en armonía con el medio ambiente. Este consejo es de carácter mixto (público-privado). Su función se ha enmarcado en el análisis de la situación energética y de las propuestas del Gobierno, además de recomendar la incorporación de nuevas acciones y estrategias.

En el 2007 se derogó el Decreto Ejecutivo n.º 60 para dar paso a la Ley del Consejo Nacional de Energía, la cual crea el Consejo como una institución de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, autonomía administrativa, presupuestaria y técnica para el ejercicio de las atribuciones y deberes que le otorga la ley.⁵⁹

5. Aspectos potenciales

5.1. El consumo de diésel

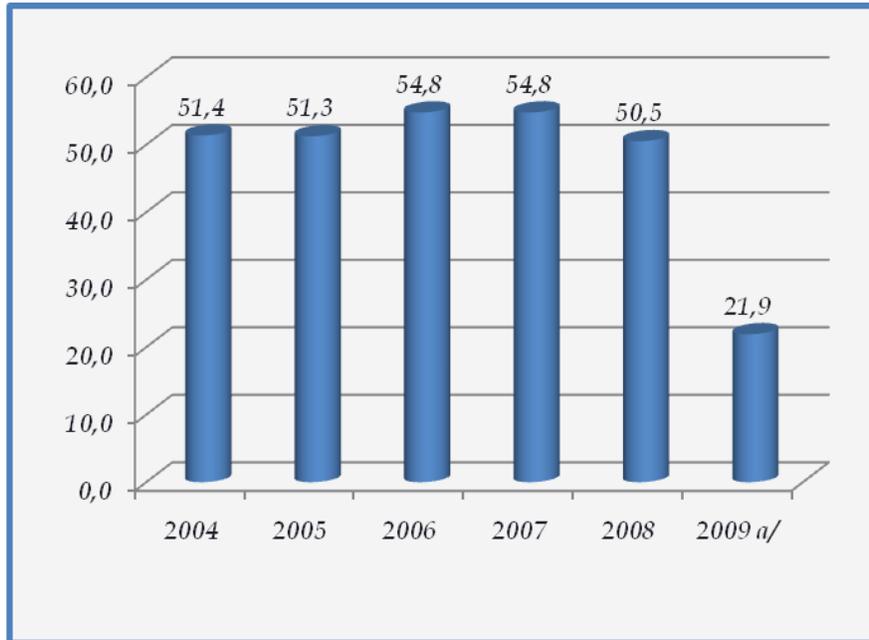
El petróleo y sus derivados han representado en los últimos años un peso significativo en la demanda total de energía del país. Según estadísticas de hidrocarburos del Istmo Centroamericano, publicadas por la CEPAL, la importación de petróleo y derivados de El Salvador alcanzaron los 15 736 miles de barriles y 17 983 miles de barriles, para los años 2004 y 2007, respectivamente (UN y CEPAL 2008).

El diésel representó un 22% en el 2004 y un 17% en el 2007, del total de las importaciones de hidrocarburos de este país.

La evolución de las ventas de diésel, para el período comprendido entre el 2004 y el 2007, se muestra en la Figura 12.1.

⁵⁹ Diario Oficial n.º 181, tomo 377, oct. 2007. disponible en <http://www.csj.gob.sv/leyes.nsf/9c2d0211ea41c76a86256d480070bae0/41272568e186bb68062573790051ce15?OpenDocument>

Figura 12.1. El Salvador. Ventas de diésel 2004-2009a/ (miles de millones de litros).

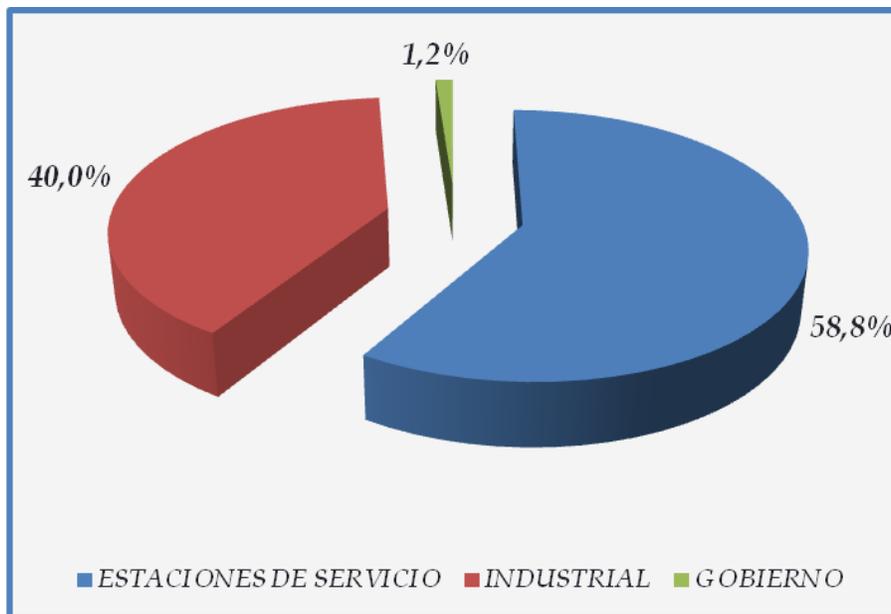


Nota: a/ Ventas a mayo del 2009.

Fuente: Ministerio de Economía. Gobierno de El Salvador, disponible en <http://www.minec.gob.sv/default.asp?id=42&mnu=42>

La composición histórica 2004 - 2009 de la estructura de consumo de diésel en El Salvador evidencia que el principal destino de uso lo constituyen las estaciones de servicio junto con el sector industrial, como se puede observar en la Figura 12.2.

Figura 12.2. El Salvador. Consumo de diésel. Participación histórica 2004-2009 por sector.



Fuente: Ministerio de Economía. Gobierno de El Salvador, disponible en <http://www.minec.gob.sv/default.asp?id=42&mnu=42>

5.2. Fuentes potenciales de aceite

Tres cultivos se mencionan en la literatura como potenciales para producir aceite para biodiésel: la *Jatropha*, el higuierillo (ricino) y la mamona.

El CENTA desarrolla parcelas demostrativas con cultivos nativos como el higuierillo y el tempate. También realiza estudios agronómicos, de factibilidad técnica y económica para determinar el potencial del país en la producción de biodiésel a partir de estos cultivos.

Los títulos de los protocolos de investigación del CENTA al 2009, se han orientado hacia la validación agronómica y económica del tempate y del higuierillo, e incluyen los siguientes:

- a) Determinación de costos y rendimientos de variedades de tempate *Jatropha curcas* en El Salvador.
- b) Determinación de costos y rendimientos del sistema maíz, frijol, higuierillo.
- c) Diagnóstico fitosanitario en el cultivo de higuierillo *ricinos communis*.
- d) Evaluación de materiales introducidos de caña de azúcar para la producción de etanol.
- e) Efecto de podas en diferentes alturas de planta de tempate *Jatropha curcas* en El Salvador.
- f) Niveles de nitrógeno y densidades de siembra en cultivo de higuierillo BRS energía *ricinos communis*.
- g) Evaluación de la producción de semilla y aceite de variedades de tempate *Jatropha curcas* en El Salvador.
- h) Validación de distanciamientos de siembra de higuierillo BRS Nordeste en relevo con maíz.
- i) Parcelas de producción de semilla de higuierillo BRS Energía y BRS Nordeste.

1. La producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Palma africana*
 - 2.2. *Otras materia primas*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
4. Políticas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidades de aumentar la oferta de materia prima*
 - 5.2.1. *Aceite de palma*

1. La producción de biodiésel en el país

La producción de biodiésel en Guatemala es incipiente y aún no se cuenta con estadísticas comerciales.

Según la Asociación Promotora de Combustibles Renovables de Guatemala (ACR), el país cuenta con una capacidad instalada de producción de biodiésel de alrededor de 15 mil litros por día, como se puede mostrar en el Cuadro 13.1.⁶⁰

⁶⁰ La ACR es una organización privada, multidisciplinaria, no lucrativa, que promueve la producción y uso del etanol y el biodiésel en Guatemala. Es una institución educadora, da a conocer los beneficios ambientales, económicos y sociales de los combustibles renovables. Está abierta a académicos, investigadores, ambientalistas, productores y futuros productores que estén interesados en la promoción de combustibles renovables en el país. Para mayor información, se puede visitar el sitio *web* www.acrguatemala.com.

Cuadro 13.1. Guatemala. Productores de biodiésel en el país en el 2007.

Productor	Capacidad instalada (litros / día)	Materia prima
Biocombustibles de Guatemala, S.A.	5 677,5	Aceite reciclado
Combustibles Ecológicos, S.A.	1 892,5	Aceite reciclado
Comunidad Nueva Alianza	1 89,25	Aceite reciclado
Empacadora Toledo	n/d	Aceite reciclado
Fuerza Verde	189,25	Aceite reciclado
Guatebiodiésel, S.A.	5 677,5	Aceite reciclado
Helios, S.A.	1 097,65	Aceite reciclado
Technoserve	946,25	Aceite reciclado
Total	15 669,9	

Fuente: ACR.

2. La materia prima. La producción de aceite

La principal fuente de aceite en el país es la palma africana, aunque existen otras fuentes alternativas como la soja, el higuero, el girasol, la colza (nabo) y *jatropha*. Sin embargo, se carece de estadísticas sobre las superficies cultivadas y producción de estos cultivos.

2.1. Palma africana

Según Mario Agreda, en su sitio *web* agronomia.nireblog.com, en la actualidad, se cultivan alrededor de 65 mil ha de palma de aceite, localizadas en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Izabal, Petén y, próximamente, en la zona del Ixcán, donde realizará inversiones Green Herat, una empresa norteamericana que opera en Texas, Estados Unidos).

2.2. Otras materias primas

El biodiésel se puede producir desde diferentes materias primas agrícolas. En el Cuadro 13.2 se presenta el rendimiento por hectárea que se obtiene por cultivo. Estos ejemplos muestran el potencial de cada cultivo.

Cuadro 13.2. Guatemala. Rendimiento esperado de diferentes cultivos oleaginosos.

Cultivo	Lts / Ha
Palma (<i>Elaeis guineensis</i>)	5550
Cocotero (<i>Acrocomia aculeata</i>)	4200
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	2510
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	2460
Jatrofa (<i>Jatropha curcas</i>)	1590
Ricino (<i>Ricinus communis</i>)	1320
Colza (<i>Brassica napus</i>)	1100
Maní (<i>Arachis hipogaea</i>)	990
Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	890
Tung (<i>Aleurites fordii</i>)	880
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	770
Soja (<i>Glicine max</i>)	420
Algodón (<i>Gossypium Hirsutum</i>)	270

Fuente: ACR.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

En la actualidad se han identificado los siguientes emprendimientos relacionados con la investigación o producción de biodiésel:

a) Biocombustibles de Guatemala S. A. (OCTAGON S.A.)

Inició funciones en el 2002 con la investigación de la producción de aceites vegetales para la producción de biodiésel a través de las semillas oleaginosas. Específicamente ha enfocado su investigación en el cultivo de *Jatropha curcas L.*

Con el apoyo financiero no reembolsable de 90 mil euros, la Alianza en Energía y Ambiente del Gobierno de Finlandia y Centroamérica se desarrollaron las siguientes actividades al mes de marzo del 2006:

- La siembra de diez fincas con el cultivo *Jatropha curcas L.* en 10 diferentes puntos geográficos del país.
- Las diez plantaciones han sido agrónomicamente manejadas según las siguientes variables: distanciamiento de siembra, plagas y enfermedades, control de malezas, fertilización, poda, cosecha y registro de lluvias por área.
- Se obtuvo la primera cosecha de semillas oleaginosas de *Jatropha curcas L.*

- Se realizó el primer ensayo de extracción de aceite vegetal proveniente de *Jatropha curcas* L.
- Se efectuó el análisis de laboratorio del aceite vegetal y de la torta de *Jatropha curcas* L.
- Se obtuvo semilla con un alto grado de germinación para realizar la expansión de las plantaciones.

Actualmente Biocombustibles de Guatemala posee un total de 600 hectáreas sembradas de *Jatropha curcas* L., un centro de investigación en, dos estaciones experimentales y una biorefinería.

b) Technoserve - ICTA

TechnoServe es una fundación sin interés de lucro que apoya nuevas iniciativas de negocio que puedan generar ingresos y empleo.⁶¹

Tiene en marcha un proyecto de *Jatropha* a través del apoyo de Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Actualmente desarrolla un núcleo empresarial de productores de *Jatropha* (100 hectáreas en total) para que produzcan y comercialicen el aceite. Además, en cooperación con socios del proyecto, apoya la siembra de unas 500 hectáreas al norte del país, para lo cual se ha establecido el primer centro de extracción de aceite.

Específicamente, los logros de Technoserve - ICTA son:

- Mejoramiento agronómico de *Jatropha* financiado por el CONCYT.
- Proyecto participativo de investigación y recolección de materiales criollos.
- Proyecto Respuesta de *Jatropha*, variedad cabo verde a la multiplicación *in vitro*.

c) Departamento de Ingeniería Química, Facultad Ingeniería, Universidad del Valle de Guatemala.

Las acciones que desarrolla este departamento son:

- Caracterización de aceite de *Jatropha Curcas* (piñón) variedades cabo verde y criolla.
- Producción de biodiésel de *Jatropha*, aceite de macadamia, palma africana, aceites comestibles reciclados.
- Utilización de glicerina o glicerol proveniente de la producción de biodiésel para producción de glicoles.
- Producción de “aceites microbianos” donde se utiliza la glicerina como fuente única de carbono.
- Cultivo de microalgas como fuente de aceite para la producción de biodiésel.

⁶¹ Para mayor información, se puede consultar ECOSOC 2008.

d) SG Biofuels

Es una pequeña empresa ubicada en San Diego, California, que investiga sobre el mejoramiento del rendimiento y productividad de *Jatropha*, a través de las herramientas en biotecnología, con el objetivo de mejorar la rentabilidad del cultivo y de poderlo utilizar en plantaciones a gran escala en América Latina.

El centro de investigación está ubicado en Guatemala, donde un equipo humano y técnico labora con más de 350 variedades de esta planta, hacia la consecución de los siguientes aspectos:⁶²

- Rendimiento.
- Vigor.
- Sincronización de la floración.
- Tamaño del fruto y de la semilla.
- Resistencia a plagas.
- Tolerancia al frío.
- Secuenciación del genoma.⁶³

Otros ensayos adicionales se relacionan con cualquier aspecto que disminuya el costo del cultivo y de los insumos agrícolas, como el mejoramiento de la utilización y absorción de fertilizantes, el mejoramiento de la eficiencia de uso del agua, la tolerancia a inundaciones, la resistencia a enfermedades y a insectos.

4. Políticas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El Gobierno de la República de Guatemala firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático el 13 de junio de 1992 y el Congreso de la República la ratificó mediante el Decreto Legislativo n.º 16-95 del 28 de marzo de 1995. El instrumento de ratificación quedó depositado en la Secretaría de las Naciones Unidas el 15 de diciembre de 1995.

Guatemala cuenta con la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Energías Renovables Decreto Ley n.º 52-2003 y su Reglamento Acuerdo Gubernativo 211-2005, donde se decretó de urgencia nacional desarrollar fuentes alternas de energía renovable, que no sea contaminante y que contribuya a satisfacer las necesidades presentes y futuras del mercado energético. Con ello se espera reactivar y diversificar la producción agrícola del país y aportar soluciones para la reducción de la pobreza rural.

⁶² Tomado del sitio *web* SG Biofuels www.sgbiofuels.com

⁶³ Para un mayor detalle, se puede consultar <http://www.prnewswire.com/news-releases/sg-biofuels-and-life-technologies-team-to-advance-jatropha-as-sustainable-biofuel-81212312.html>

En Guatemala el ente responsable de la política energética es el Ministerio de Energía y Minas. Mediante la Dirección General de Hidrocarburos, en el 2003 lanzar Programa Bioenergía, que planteaba la alternativa de utilizar productos agrícolas para la producción de combustibles, como aceites vegetales para la producción del biodiésel, la caña de azúcar y frutas ricas en sacarosa para la producción de bioetanol, y bosques energéticos.

Existe interés del Gobierno para la producción y el uso de etanol, mediante al apoyo a iniciativas para programas de producción y desarrollo de proyectos. Sin embargo, es necesario definir un marco legal que garantice las inversiones de los productores de alcohol, ya que a pesar de la existencia de la Ley de Alcohol Carburante y su Reglamento, estos no son instrumentos operativos, pues no brindan las garantías que los productores esperan, como el establecimiento de reglas claras que definan el rol del Gobierno y del sector productivo, y donde el Estado se establezca como facilitador del proceso para que la población conozca sus ventajas y desventajas.

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

El 24 de abril del 2007, mediante un Acuerdo Ministerial 143-2007, se aprobó el Reglamento Técnico Centroamericano de Biodiésel, el cual constituye la legislación aplicable a nivel centroamericano, como una adaptación de las especificaciones que aparecen en las normas del *ASTM* y *European Norm (EN)*.

5. Aspectos potenciales

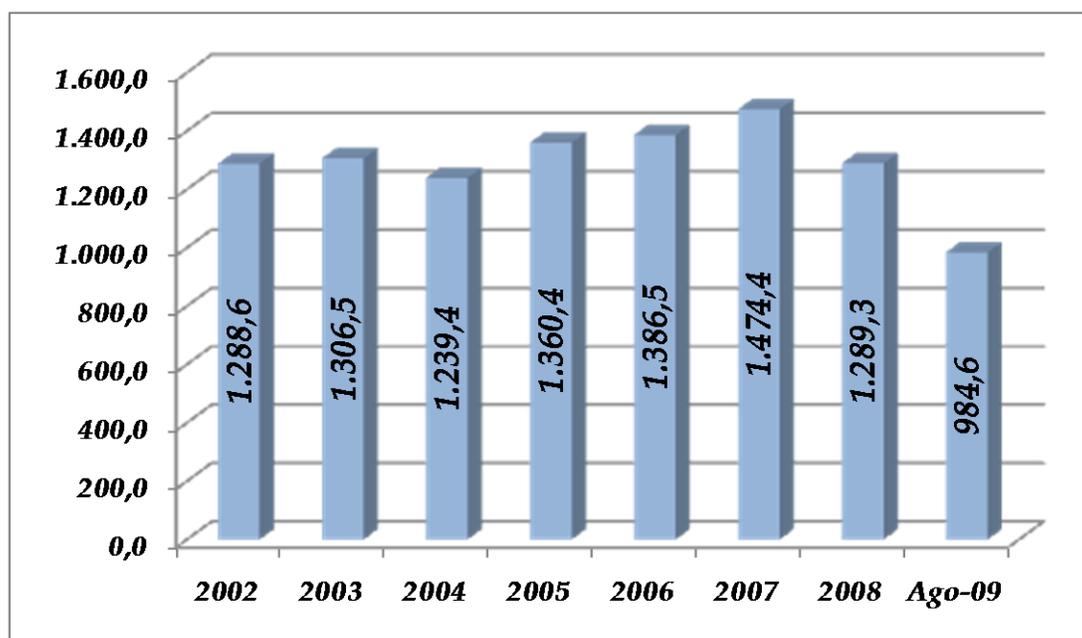
5.1. Consumo de diésel

Históricamente, el consumo de diésel ha registrado una significativa participación del 32,0% con respecto al consumo total de productos derivados de petróleo, para el período comprendido del 2002 a agosto del 2009.

Por su parte, el consumo promedio de diésel para el período 2002 - 2008 ha alcanzado los 1335,0 miles de litros anuales, conforme se puede mostrar en la Figura 13.1.

En cuanto al desempeño más reciente de consumo, el petróleo y los productos derivados en relación con el primer semestre del año 2008 tuvieron un incremento del 7,55%. El combustible de mayor consumo en el 2009 fue el combustible diésel, el cual tuvo una participación del 31,96% del consumo nacional.

Figura 13.1. Guatemala. Consumo histórico de diésel (miles de litros).



Fuente: Sección de Estadística, Departamento de Análisis Económico. Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, disponible en <http://www.mem.gob.gt/Portal/Documents/imgLinks/2009-10/210/CONSUMO.pdf>

5.2. Posibilidades de aumentar la oferta de materia prima

5.2.1. Aceite de palma

Las posibilidades en el corto plazo se mueven alrededor del aumento de la producción de aceite de palma. El último censo agropecuario 2002-2003, que realizó el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), detalla que el país posee una potencialidad de 809 mil hectáreas para la siembra del cultivo de palma.⁶⁴

Otros estudios más conservadores estiman que Guatemala tiene un potencial para expandir la producción de cultivos oleaginosos hasta las 600 mil hectáreas.

Se estima que en tres años habrá un total de 100 mil hectáreas que produzcan 250 mil toneladas por año.

⁶⁴ Para mayor información, visitar el sitio

<http://agronomia.nireblog.com/post/2007/07/11/crece-el-cultivo-de-la-palma-africana-en-el-pais>

1. La materia prima. La producción de aceite
 - 1.1. *Principales fuentes vegetales*
 - 1.2. *Costos medios de producción de la materia prima*
 - 1.2.1. *Jatropha*
2. El Sistema de innovación relacionado con el biodiésel
 - 2.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 2.1.1. *Experiencia gubernamental*
 - 2.1.2. *Experiencia de Jaremar*
 - 2.1.3. *Otras experiencias*
 - 2.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
3. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 3.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 3.2. *Marco regulatorio para la mezcla del biodiésel*
4. Aspectos potenciales
 - 4.1. *Consumo de diésel*
 - 4.2. *Posibilidades de expandir la oferta de materia prima*
 - 4.2.1. *Palma aceitera*
 - 4.2.2. *Jatropha curcas*
 - 4.2.3. *Tilapia*

1. La materia prima. La producción de aceite

1.1. Principales fuentes vegetales

La bioenergía es la utilización de la energía solar almacenada en las uniones químicas de carbono – carbono de compuestos altamente energéticos. Existen varias opciones de uso: el biodiésel, el biogás, el etanol y la pirolisis de materia orgánica; de estas opciones, solamente la primera se está explotando de manera industrial en el país.

Los cultivos agroenergéticos con mayor potencial para producir biodiésel en el país son:
65

- Palma africana (híbrido de *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*).
- *Jatropha* (*Jatropha curcas*).
- Aceite de tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.).⁶⁶

Para la explotación comercial del cultivo de palma aceitera, se utiliza la variedad tenera (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*), la cual fue introducida al país en 1927. Las primeras explotaciones comerciales datan de 1954 y se han establecido en los valles de Sula, Aguan, Lean, Sico y La Mosquitia, ubicados en la Costa Norte y Litoral Atlántico del país.

Según la Cadena Agroalimentaria de Palma Africana (2002), en 1971 el cultivo se extendió en el Valle de Aguan como parte del proceso de reforma agraria, impulsado por el Instituto Nacional Agrario (INA). Inicialmente se plantaron 11 mil hectáreas y para 1981 ya había 48 mil hectáreas cultivadas en esa región.

Actualmente, en Honduras se cultivan 115 mil hectáreas de palma africana y se obtienen 380 mil toneladas de aceite crudo, de los cuales se consumen internamente 130 mil toneladas y se exportan 250 mil toneladas a México, El Salvador y Nicaragua. El aceite de palma africana se usa para la producción de manteca, aceite comestible, margarinas, jabón y para la producción de biodiésel en pequeña escala.

La producción estimada de biodiésel por hectárea proveniente del cultivo de palma aceitera es la siguiente:

Cuadro 14.1. Honduras. Producción estimada de aceite de palma ^{1/} por región.

Región de producción	Rango de rendimiento (t/ ha)
Atlántida	3 a 4
Colon	2 a 3
Yoro	1 a 2

Nota: 1/ Se estima un rendimiento industrial de aceite de palma a biodiésel en una relación 1:1 y un rendimiento agrícola de fruta fresca a aceite de palma de 5: 1 (21% de aceite por tonelada de fruta fresca).

La producción estimada de biodiésel por hectárea proveniente del cultivo de la *Jatropha* es de 0,75 por una tonelada de biodiésel por hectárea.

⁶⁵ Se tiene referencia de que el costo agroindustrial de producción de biodiésel a partir de aceite de *Jatropha* es de US\$0,50/L. A partir de aceite de palma, es de US\$0,78/ L y de aceite de tilapia es de US\$0,36/L.

⁶⁶ Fuente de origen no vegetal.

La palma africana exhibe rendimientos variables según la región del país y del nivel tecnológico de las fincas, conforme se detalla a continuación:

Cuadro 14.2. Honduras. Rendimiento de palma africana por región.

Región	Rendimiento agrícola (t de FF/ha/año) ^{1/}
Atlántida	24
Colón	20
Yoro	16-18
Promedio	17,54

Nota: 1/ Toneladas de fruta fresca / hectárea / año).

En el caso del cultivo de la *Jatropha*, se producen alrededor de 6 a 8 toneladas de piñón (fruta fresca) por hectárea por año.

1.2. Costos medios de producción de la materia prima

1.2.1. *Jatropha*

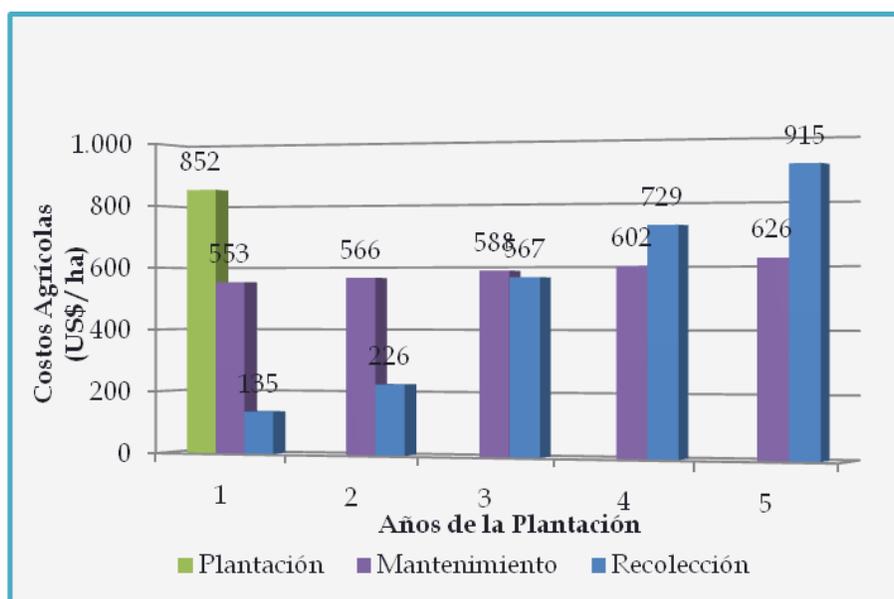
De acuerdo con el estudio de mercado del biodiésel realizado por el SNV/ *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), se han detallado los siguientes costos agrícolas para una plantación de *Jatropha*:⁶⁷

“Para el primer año se estiman costos de US\$1541 por hectárea, en estos se incluyen los costos de plantación (US\$852/ha) y mantenimiento (US\$553/ha). Para el segundo año, los costos bajan a US\$792/ha, ya que a partir de ese período comienza a darse tanto el mantenimiento como las primeras cosechas. Para los próximos años el costo total por hectárea va en aumento, debido a que cada año los costos de recolección (50%) tienen el efecto del incremento por el aumento anual del rendimiento de *Jatropha* hasta que llega al óptimo de producción en el quinto año. Esto implica incremento de la mano de obra para la cosecha, el transporte interno y externo, más el despulpado y el secado. Los principales costos que impactan el mantenimiento son los precios de los fertilizantes, que representan el 23% del total del costo por hectárea (...)

Los costos de semilla de *Jatropha* pueden rondar en promedio entre los US\$300/ton en el año 5 cuando se llega al óptimo de producción. Sin embargo, un análisis de sensibilidad (utilizando la metodología RISK) de las variables relevantes, muestra que los costos pueden variar entre los US\$265/ton y US\$382/ton.”

⁶⁷ Disponible en http://snv-la.org/files/gestiondoc/1233848740_Estudio%20de%20mercado%20biodiésel-web.pdf

Figura 14.1. Honduras. Costos agrícolas estimados de *Jatropha curcas* (US\$/ha, año 2008).



Fuente: SNV y WBCSD 2009.

2. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel

2.1. Iniciativas públicas o privadas

2.1.1. Experiencia gubernamental

El interés de la producción de biodiésel ha coincidido con la última escalada de precios de petróleo a nivel mundial en el período 2003-2005. A partir de este hecho, el Gobierno de Honduras comenzó la búsqueda de alternativas de producción de bioenergía y desde febrero del 2006, con el inicio de un nuevo Gobierno, decidió impulsar un mega proyecto de producción de 200 000 ha de cultivo de palma aceitera para la producción de biodiésel. La dirección del proyecto está adscrita al Ministerio de la Presidencia y está considerado como proyecto prioritario a nivel presidencial.

Adicionalmente, el Gobierno de la República está instalando una planta con capacidad para producir 20 mil litros de biodiésel diarios, a partir del próximo mes de marzo. Esta planta ha sido cedida por el Gobierno en calidad de comodato a la Cooperativa Salamá, propiedad de 63 familias campesinas que cultivan palma africana y producen aceite crudo de palma en el departamento de Colón.

2.1.2. Experiencia de Jaremar

La producción de biodiésel en la planta extractora de la empresa Grupo Jaremar en San Alejo (departamento de Atlántida) es de 11,3 miles de litros diarios. Desde que en el 2005 comenzó a utilizar biodiésel en sus propios camiones de transporte, ha logrado eliminar

la compra de combustible. Esto ha significado un ahorro de aproximadamente \$600 mil en el 2006.

El grupo cuenta con una flotilla de más de 250 vehículos de transporte, los cuales consumen unos 227,1 mil litros mensuales de combustible, con costos equivalentes a \$50 mil por mes.

Durante el 2007, se realizó una prueba piloto para la venta de una mezcla de 5% de biodiésel y 95% de combustible fósil, conocido como B-5 y se llegó a probar el B-10 durante el período de la experiencia.

La prueba piloto de estas mezclas se inició a partir de setiembre del 2006, con la participación de 620 buses que circulan en las ciudades de Tegucigalpa, La Ceiba y San Pedro Sula. La prueba finalizó en el 2007. Con base en esta experiencia y a partir de la publicación de la ley en la Gaceta el 31 de diciembre del 2007, los responsables del proyecto presidencial y la Unidad Técnica de Biocombustible trabajan en la reglamentación de la ley.

2.1.3. Otras experiencias

Existen cuatro de empresas privadas dedicadas al cultivo e industrialización de la palma africana, las cuales producen biodiésel para mover su propia flota de vehículos y maquinaria agrícola. Estas empresas producen 18,9 miles de litros diarios de biodiésel.

La empresa AQUAFINCA, ubicada en el norte del país, produce 11,3 miles de litros mensuales de biodiésel, a partir de los restos de la tilapia después del proceso de extracción de los filetes de exportación.

Actualmente en el país toda la producción de biocombustible es para autoconsumo de las empresas dedicadas a dicha actividad.

2.2. Institutos de investigación y desarrollo

El Grupo Jaremar es la única empresa que dispone de un laboratorio de investigación de la palma africana. Desde 1990 funciona el laboratorio de semilla de la empresa San Alejo en Tela, Atlántida, donde se efectúan las siguientes actividades:

1. Producción certificada de semilla. Se realizan ensayos de germinación, escarificación química y física de la semilla.
2. Experimentos de rendimiento en el campo.
3. Cruzamientos selectivos y fitomejoramiento del cultivo de palma africana.

Las líneas genéticas con las que se trabaja han sido importadas de Malasia e Indonesia. La colección de germoplasma está en Honduras y con ellas se hacen pruebas de las distintas progenies.

Desde el 2003, se vende semilla de palma africana, una línea femenina 100% basada en la línea de Malasia, la Deli Dura. Estas líneas se exportan desde Honduras a varios países. Los materiales compiten ventajosamente con otros usados en Malasia, donde se precian de tener el mayor potencial genético en la producción de palma africana.

Actualmente se intenta comercializar una línea desarrollada por la empresa San Alejo, la Línea Compacta, la cual crece más lentamente y abarca menos espacio foliar, lo que permite plantar entre 180 y 200 palmas por hectárea. Con las variedades tradicionales se logran densidades de siembra de 142 palmas por hectárea.

De esta forma, se elevaría el volumen de la producción, se mejoraría la productividad por unidad de área y se obtendría hasta un 40% más de productividad.

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) trabaja en la investigación del cultivo de *Jatropha* en temas relacionados con variedades, densidades de siembra. Actualmente produce la semilla para el aumento de las áreas sembradas.

Sobre esta misma línea, la Fundación Strolan y la Fundación Hivos, ambas de Holanda, con el apoyo técnico de la FHIA y la Fundación para el Desarrollo Empresarial Rural (FUNDER), también desarrollan una experiencia con piñón en 50 hectáreas ya sembradas en el departamento de Yoro, en la zona norte del país. Para el 2008 esperan sembrar hasta 400 hectáreas. Las proyecciones señalaban que se llegaría a 700 hectáreas sembradas para el 2009. Como parte del proyecto, se espera instalar una planta procesadora y vender el biodiésel en las estaciones distribuidoras del mismo departamento de Yoro. Ya se han realizado algunas pruebas para extraer el aceite con prensas y usarlo en tractores y vehículos de la empresa y en motores de aserraderos de la región.

3. Políticas públicas y marco regulatorio

3.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

En noviembre del 2007, el Congreso Nacional aprobó la Ley para la Producción y Consumo de Biocombustibles, con la finalidad de crear condiciones que favorezcan el establecimiento de proyectos para la producción del biodiésel, entre otros.

Como se menciona en la ley, se ha declarado de interés nacional la producción y consumo del biodiésel y es uno de los proyectos prioritarios del actual Gobierno. Sin embargo, el precio internacional del aceite de palma y el subsidio que el Gobierno mantiene para los combustibles fósiles hacen que en la actualidad la producción del biodiésel carezca de atractivo económico, a pesar del apoyo y el marco legal existentes en el país para su producción.

Se considera que, a mediano plazo, habrá un cambio en la curva de demanda de las materias primas de origen biológico, con las consiguientes ventajas para el sector agropecuario al mejorar los precios, en un marco de preservación del medio ambiente. La finalidad de esta ley es establecer el marco jurídico para la producción de materia prima, fabricación, distribución y comercialización y uso de los biocombustibles.

La unidad técnica de biocombustibles, integrada por la Secretaría de Industria y Comercio (SIC), la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y el Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP), definirán e implementarán políticas generales para la producción de los biocombustibles y la promoción de su mercado. La SAG es la autoridad de aplicación para la producción de materias primas relacionadas con la producción de biocombustibles.

Los beneficios otorgados por la ley son únicos y exclusivos para los equipos como materiales y servicios que se utilicen en la plantación, diseño, instalación, construcción y operación de proyectos de inversión para producción de biocombustible. La ley expresa que los proyectos de inversión para biocombustibles gozan de la exoneración de toda clase de impuestos durante doce años improrrogables, así como de derechos arancelarios. También los exonera de impuestos sobre la renta, impuesto al activo neto y todos los impuestos conexos a la renta durante doce años a partir del inicio de operación comercial. Asimismo, estarán exonerados del aporte pagado por los combustibles fósiles para la atención a programas sociales y conservación de patrimonio vial, durante los primeros quince años. A partir de esa fecha, se pagara el 25% de la carga impositiva asignada a los combustibles fósiles, con dichos propósitos.

3.2. Marco regulatorio para la mezcla del biodiésel

Las autoridades competentes para la regulación son la SIC, a través de la Unidad Técnica de Biocombustibles (UTB), que es la principal responsable.

4. Aspectos potenciales

4.1. Consumo de diésel

La importación y el consumo de diésel para el período comprendido entre el 2000 y el 2008 se muestran en el Cuadro 14.3:

**Cuadro 14.3. Honduras. Importación y consumo de diésel ^{1/}
2000 - 2008 (en miles de millones de litros).**

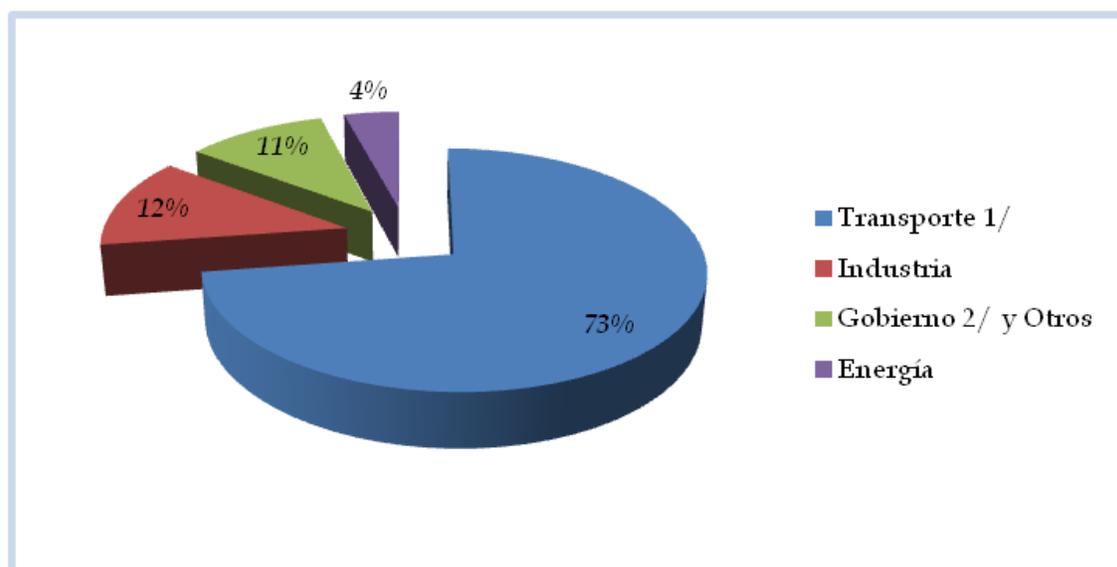
Año	Importación	Consumo
2000	635,8	655,4
2001	755,5	838,6
2002	898,0	914,5
2003	1015,9	1044,3
2004	949,6	1024,2
2005	816,5	836,0
2006	733,9	783,9
2007	790,9	891,3
2008	930,2	873,8
TMC _{2008/2000} ^{2/}	4,9%	3,7%

Notas: 1/ El diésel representa el 31% del total de consumo de hidrocarburos.

2/ Tasa media anual de cambio 2000 - 2008.

Fuente: Comisión Administradora de Petróleo, Honduras.

Figura 14.2. Honduras. Consumo de diésel por sector en el 2008 (consumo total= 873,8 miles de millones de litros).



Notas: 1/ Incluye gasolineras. 2/ Incluye defensa.

Fuente: Comisión Administradora de Petróleo, Honduras.

4.1. Posibilidades de expandir la oferta de materia prima

4.1.1. Palma aceitera

La extracción del aceite de palma se realiza en once empresas productoras ubicadas en los departamentos de Atlántida, Yoro y Colón (Cuadro 14.4). Las plantas de producción de aceite de palma son de gran capacidad (excepto Imdisa) y en cuatro casos también poseen capacidad de hacer la refinación. Las otras siete plantas producen aceite crudo de palma (*crude palm oil* CPO) y aceite de almendra (*palm kernel oil*, PKO) sin refinación (CEPAL 2007).

Cuadro 14.4. Honduras. Empresas dedicadas a la extracción de aceite de palma.

Empresa	Ubicación	Capacidad (t/ha)	Refinación
Cressida Aguan	Tocoa - Colón	90	Sí
Hondupalma	Guayabas - Yoro	60	Sí
Aceydesa	Trujillo - Colón	45	No
Cressida Lean	Arizona - Atlántida	45	No
Coapalma	Trujillo - Colón	45	Sí
Caucesa	San Francisco - Atlántida	40	No
Agrotor	Tela - Atlántida	40	Sí
Agripalma	Trujillo - Colón	36	No
Palcasa	El Progreso - Toro	30	No
Salamá	Trujillo - Colón	12	No
Imdisa	Jutiapa - Atlántida	8	No

Fuente: CEPAL 2007a.

Las 11 plantas de extracción de aceite de palma enunciadas en el Cuadro 14.4 suman una capacidad instalada de 494 t por hora, de las cuales se utiliza menos de $\frac{1}{2}$, dado que la producción actual por año es de 300 a 320 mil t de aceite crudo de palma (CPO) y 22 mil toneladas de aceite (PKO). Este nivel de producción genera empleo para unas 120 mil personas.

Al mes de diciembre del 2007, la industria palmera había sembrado 2,5 millones de semillas en nueve viveros grandes y cuatro viveros pequeños, con las cuales se esperaba sembrar 15 mil ha de palma aceitera durante el 2008.

A finales del 2007 se estimaban 100 mil ha sembradas de palma africana, de las cuales 86 mil hectáreas están en producción, aproximadamente la mitad en el Valle de Aguán y el resto distribuida en los departamentos de Cortés, Atlántida y Yoro.

El actual Gobierno desarrolla un proyecto piloto para lograr establecer 200 mil ha distribuidas entre varias zonas y valles para el año 2015, según se muestra en el Cuadro 14.5.

Cuadro 14.5. Honduras. Proyecto piloto de palma aceitera. Distribución del área de siembra por zonas y valles (en miles de hectáreas).

Valle-zona	Área total	Área potencial
Sula	150	35
Aguán	140	50
Mosquita	120	30
Leán	80	35
Sico	50	30
Alto del Patuca (Olancho)		20
Total	540	200

4.1.2. *Jatropha curcas*

Además de la palma aceitera para la producción de aceite para biodiésel, también existen otras iniciativas en el país, como el cultivo del piñón *Jatropha curcas*. Esta opción se ha visualizado para ecosistemas de trópico seco, como en la zona sur y en alguna región del departamento de Yoro.

La *Jatropha* tiene un alto potencial como materia prima para la producción de biodiésel, con la ventaja de que el aceite de esta palma se puede usar sin ningún tratamiento adicional en los vehículos automotores. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones que den como resultado el uso de materiales genéticos que generen altos rendimientos y buena calidad de biodiésel.

Actualmente, en la zona sur de Honduras, específicamente en el departamento de Choluteca, comunidad de San José de Landa, ya hay sembradas 554 ha, 60 de las cuales están bajo riego y 20 han entrado en su primer año de producción.

El rendimiento esperado es de 1600 litros por hectárea en cultivo de secano y 3000 litros por hectárea en cultivo bajo riego. Además de los cultivos establecidos, existe un vivero de 2,5 millones de plantas, con lo que se espera sembrar 2000 ha en la zona de Choluteca. El trabajo se realiza con cuatro inversionistas, dos nacionales y dos ingleses. El cultivo de piñón inicia con un 20% de la producción en el primer año, con un incremento del 20% anual, hasta que alcanza su producción plena al quinto año. Actualmente Agroindustria Piñón S.A. (AGROIPSA) es la empresa que ofrece el apoyo técnico a la experiencia que

se desarrolla en la zona sur. También se realiza una consultoría para la empresa Químicas Dinam que proyecta establecer mil hectáreas de cultivo, para lo cual utilizaría piñón o higuera (*Ricinus communis L.*).

4.1.3. Tilapia

Otra opción para la producción de biodiésel es el aceite de tilapia, que actualmente es producido por la empresa exportadora de tilapia, Aquafinca, que opera en el Lago de Yojoa. La capacidad de producción de su planta es de hasta 22,7 miles de litros diarios, pero produjo en el 2007 1135,6 miles de litros. Con esta producción, la empresa mueve una flota de 48 camiones y genera toda la energía eléctrica que demandan sus plantas de producción y oficinas.

1. La producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de origen vegetal*
 - 2.1.1. *Palma aceitera*
 - 2.1.2. *Maní*
 - 2.2. *Costos promedio de producción de la materia prima*
3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel*
 - 3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
4. Política pública y marco regulatorio
 - 4.1. *Política pública de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidad de expandir la oferta de materia prima*

1. La producción de biodiésel en el país

Hasta el momento se carece de información disponible sobre producción a nivel comercial de biodiésel. Esto se debe en parte al alto precio internacional actual del aceite de palma africana.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes de origen vegetal

La principal fuente de aceite vegetal en Nicaragua es la palma aceitera, seguida del maní con más de 30 mil hectáreas cultivadas.

2.1.1. Palma aceitera

La palma aceitera es producida principalmente por dos empresas:⁶⁸

⁶⁸ Los Proyectos de Kukra Development y Palmares del Castillo, no son específicamente para biodiésel, sino para aceite de palma o biodiésel, según el precio de mercado de cada uno de dichos productos.

- *Kukra Development*, con 7 mil hectáreas ya plantadas, inicia la plantación de otras 7 mil hectáreas en Kukra Hill, Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), Nicaragua.
- *Palmares del Castillo, S.A. (PALCASA)*, con un proyecto de 4,9 miles hectáreas, de las que ya se han plantado más de 2,7 miles de hectáreas.

2.1.2. Maní

Se produce en el litoral del pacífico de Nicaragua, pero principalmente en el occidente, en los departamentos de León y Chinandega. Se siembran 31,5 miles de hectáreas. El área se está incrementando anualmente dada la buena rentabilidad del producto.

El rendimiento de ambos cultivos se muestra en el Cuadro 15.1.

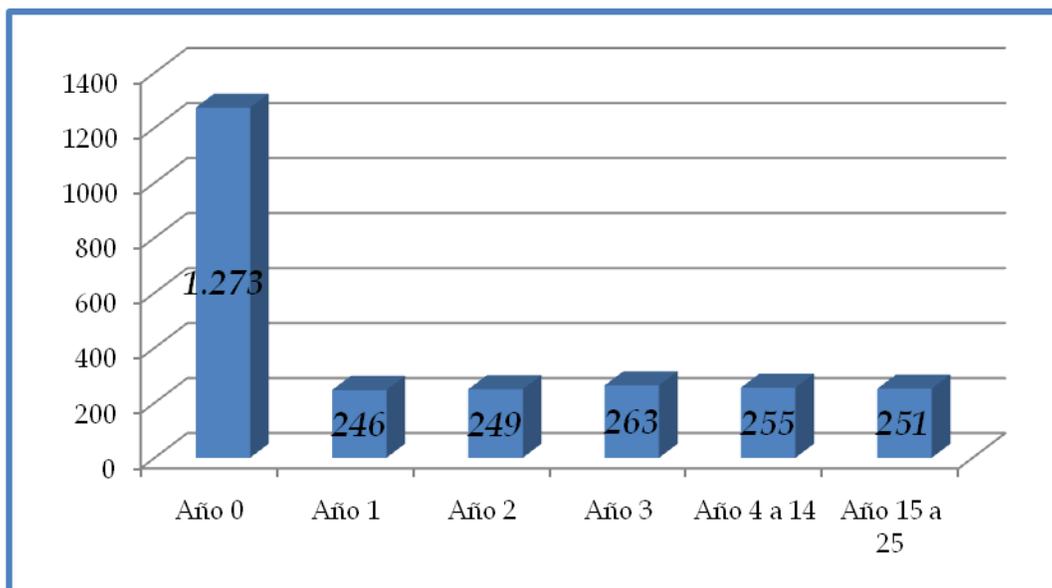
Cuadro 15. 1. Nicaragua. Rendimiento de los diferentes cultivos.

Fuente	Rendimiento (t/ha)
Palma africana	22,0
Maní	3,2

2.2. Costos promedio de producción de la materia prima

Los actuales costos de producción de la plantación y mantenimiento de la palma se especifican la Figura 15.1

Figura 15.1 Nicaragua. Costos agrícolas de establecimiento (año 0) y mantenimiento (año 1 a 25) de una plantación de palma aceitera (US\$/ año).



El Ministerio Agropecuario y Forestal estima para el 2008 un costo de producción de maní de US\$994/ha.

Se debe resaltar la alta variabilidad de estos costos, debido a las variaciones de los precios de insumos y productos registrados en el mercado internacional y nacional. Con estos precios tan dinámicos no es posible definir un costo de producción para el ciclo agrícola.

3. Sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Experiencias sobre ensayos o proyectos de producción de biodiésel

La Universidad Nacional de Ingeniería, apoyada por el Gobierno de Austria, desarrolló en Nicaragua en 1989 un proyecto para la siembra de 1000 hectáreas de tempate, con el objetivo de producir biodiésel en las zonas de Telica, León. Se instaló una planta industrial de procesamiento con una capacidad instalada de 8 mil t de semilla (MAG 1997).⁶⁹

Varias cooperativas ubicadas en las tierras pobres y arcillosas de Telica, departamento de León, realizaron la siembra de tempate para cosechar la almendra de la que se extrae el biodiésel. En este su primer ciclo agrícola (1993-94) la producción fue entre 0,85 - 0,98 t/ha (13-15 quintales por manzana), en una plantación de 49 ha (70 manzanas); la siembra total fue de 210 ha (300 manzanas).

El proyecto no avanzó debido a que se sembraron solamente 1000 plantas por hectárea, en vez de 2500, que es lo recomendado, lo que ocasionó los bajos rendimientos mencionados. Otro factor negativo fue que el precio del petróleo que en esa época era de US\$25 el barril, valor que hace que el biodiésel de tempate no sea competitivo.

Los profesores y estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) realizaron investigaciones sobre los siguientes temas:

- ✓ Química, ingeniería industrial, propagación vegetal.
- ✓ Manejo agronómico del cultivo, manejo integrado de plagas y
- ✓ Enfermedades.
- ✓ Biología reproductiva, variación genética, mejoramiento genético.

⁶⁹ Para mayor información sobre esta experiencia, se puede consultar Horta (2004).

3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*⁷⁰

Las instituciones que trabajan en el mejoramiento agroproductivo de cultivos oleaginosos o en mejoras tecnológicas en la producción de biodiésel son la UNAN, en alianza con el INTA, y la empresa Biocombustible de Guatemala. Las líneas de investigación son las siguientes:

- ✓ Mejoramiento genético.
- ✓ Mecanismo genético para la regulación de la transición floral.
- ✓ Sistemas óptimos de producción para maximizar la rentabilidad:
 - Distancia óptima de siembra.
 - Sincronización de la reproducción.
 - Podas de formación y mantenimiento.
 - Fertilización (orgánica e inorgánica).

Asimismo, se reportan los siguientes proyectos principales en Nicaragua:

- ✓ Biodiésel a partir del fruto de tempate. Empresa Nicaragüense de Petróleo (PETRONIC), UNI.
- ✓ Biodiésel a partir de soya aceitera El Real, para uso en camiones de transporte.
- ✓ Biodiésel a partir de cebo vacuno, empresa Proveedores de Palma y Aceite S.A. (PALMASA), para uso en vehículos y generadores.
- ✓ Biodiésel a partir de palma africana Palmares de El Castillo S.A. (PALCASA) y Kukra Hill Venta comercial.

4. **Política pública y marco regulatorio**

4.1. *Política pública de apoyo a la producción de biodiésel*

La propuesta de Política Nacional de Agroenergía y Biocombustibles (PNAB) del MEM y la UNAN (2009) define los siguientes lineamientos generales:

- a. Orienta al crecimiento de la matriz energética del país e introduce un combustible cuya producción sea económicamente viable.
- b. Exige la promoción del cultivo de agroenergéticos con un enfoque de responsabilidad social e inclusión económica.

⁷⁰ Información obtenida de MEM y UNAN 2009.

- c. Incorpora el componente social a través de la inclusión social, lo que genera alternativas de ocupación e ingresos económicos para los segmentos más pobres en las zonas rurales.
- d. Contiene acciones estratégicas generales de políticas de fomento, tanto para la producción y comercialización como la distribución y el consumo (usos alternativos de biocombustibles *flex fuel*).
- e. Su principal apuesta es implantar la creación del Fondo de Fomento de la Producción de Biocombustibles (FFPB).
- f. Reconoce que la implementación requiere del fortalecimiento de la capacidad de las instituciones del Estado (técnica como operativa) y de las coordinaciones entre ministerios e institutos.
- g. Su implementación y éxito dependen de la aprobación de legislación dirigida a desarrollar la institucionalidad jurídica en el sector, crear el FFPB y reformas legales necesarias para formular y crear incentivos a las inversiones.
- h. Está subordinada a la seguridad alimentaria nacional y temas ligados al Protocolo de Kioto.
- i. Es un instrumento de promoción consensuado entre distintas entidades:
 - ✓ MEM.
 - ✓ Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC).
 - ✓ Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR).
 - ✓ Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).
 - ✓ Instituto Nacional Forestal (INAFOR).
 - ✓ Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL).
 - ✓ Asociación de Municipios de Nicaragua (AMUNIC).
 - ✓ Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
 - ✓ Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

A partir de estos lineamientos emitidos, corresponderá al Estado la aprobación de la PNAB con otros sectores y la formulación del Plan de Acción de la PNAB con su estrategia de desarrollo de los biocombustibles.

Aunado a lo anterior, se deberá impulsar la aprobación del marco legal que establezca incentivos para la producción de biodiésel.

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

No existe un marco regulatorio, solamente una propuesta de ley que fue elaborada durante el Gobierno anterior, con participación del IICA. Durante el actual Gobierno, se formó una comisión interinstitucional, conformada por varios ministerios y el IICA como miembro.

Esta comisión elaboró las políticas, las cuales fueron aprobadas posteriormente por los ministerios. Actualmente se encuentran en espera de la aprobación por parte de la Presidencia de la República.

5. Aspectos potenciales

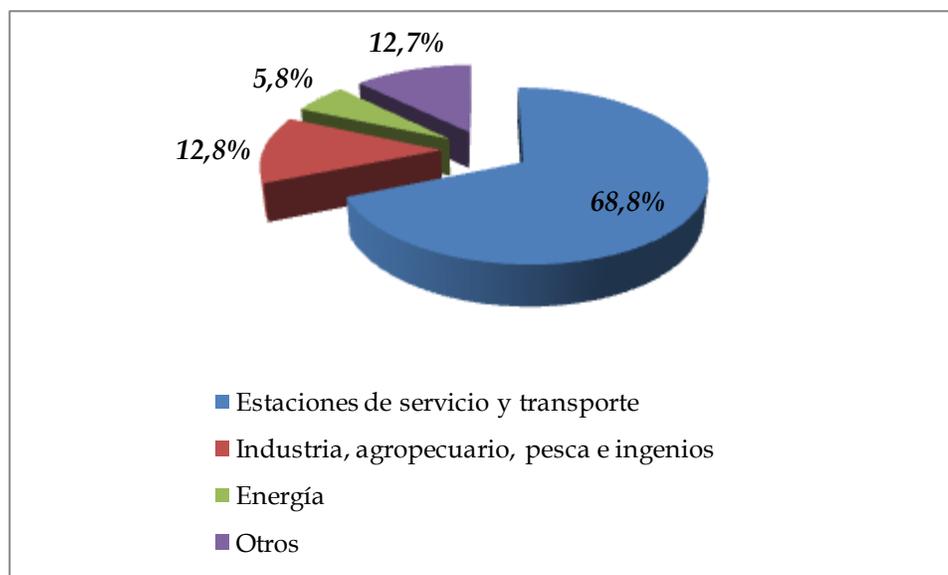
5.1. Consumo de diésel

De acuerdo con las estadísticas provistas por la Dirección General de Hidrocarburos del MEM, el consumo promedio anual de diésel para el período 1999 - 2008 ha alcanzado los 477,2 millones de litros por año (3,0 millones de barriles) y ha registrado una tasa media anual de crecimiento del 0,6% para este mismo período (MEM 2009).⁷¹

La tendencia más reciente de consumo, publicada en el informe “Estadísticas de Hidrocarburos 2008” (MEM 2009), evidencia que el diésel registró una significativa participación del 31,6% con respecto al consumo total de hidrocarburos para el año 2008, a pesar de la disminución de un 10,1% en relación con el año precedente.

Las estaciones de servicio, junto con el transporte, constituyeron los sectores que participaron con un 68,8% del consumo total de diésel para el año 2008. Luego los sectores productivos conglomerados en las actividades de industria, agropecuarias, de ingenios y pesca, participaron en un 12,8% del consumo total para ese mismo año. La generación de energía consumió un 5,8% con respecto al total, como se muestra en la Figura 15.2.

Figura 15.2. Nicaragua. Consumo de diésel por sectores de actividad económica en el año 2008 (consumo total de 477,2 millones de litros).

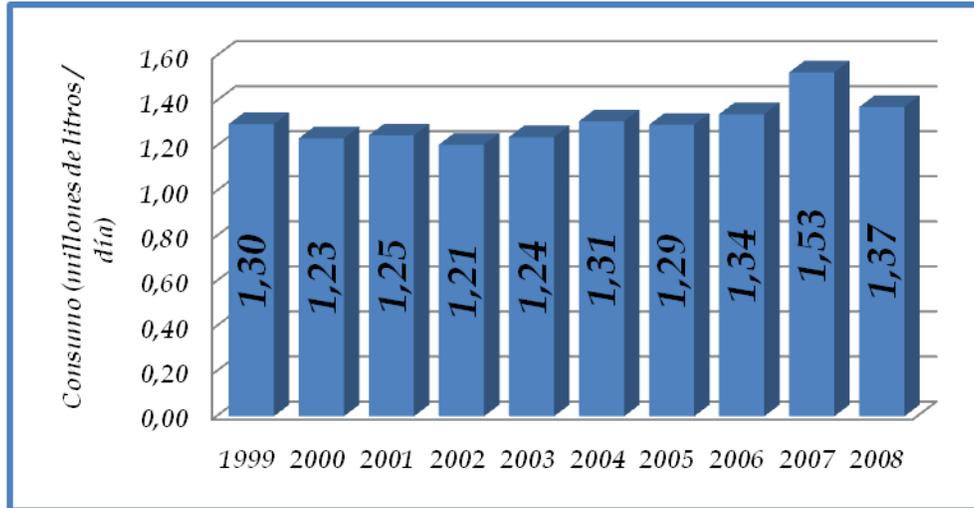


Fuente: MEM 2009.

⁷¹ El consumo nacional comprende las ventas de las petroleras más importaciones para autoconsumo.

Considerado como “consumo diario”, el diésel se consume a una tasa promedio de los 1,3 millones de litros/día (8,2 miles de barriles/día), como se muestra en la Figura 15.3 para el período comprendido entre 1999 y 2008.

Figura 15.3. Nicaragua. Consumo diario de diésel en el período 1999-2008.



Fuente: MEM 2009.

5.2. Posibilidad de expandir la oferta de materia prima

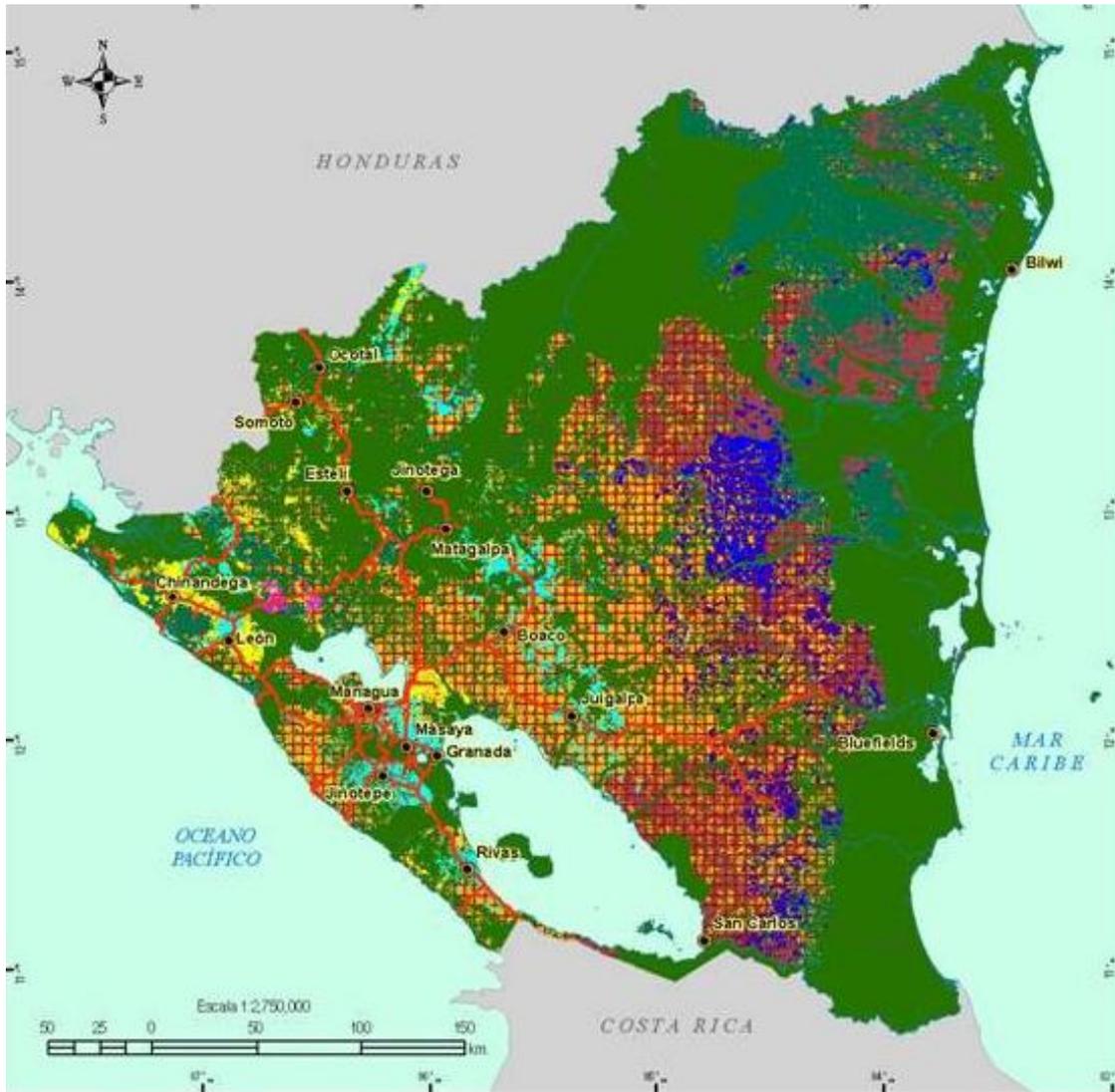
Para MEM y UNAN (2009), Nicaragua plantea una gran posibilidad de expandir la producción de biodiésel mediante el incremento del área dedicada a la producción de cultivos oleaginosos, como los siguientes:

- **Tempate (*Jatropha curcas*)**
 Producto: Biodiésel 682 L/ha con base en 1,5 - 2 t/ha de semilla seca.
 Subproductos: torta de semilla.
 (US\$50/t), purgante.
 Superficie potencial: 2,5 mil ha monocultivo + 8,0 mil ha como cultivo asociado.
- **Higuera (*Ricinus communis*)**
 Producto: biodiésel 1320 L/ha con base en 1,5 t/ha.
 Subproductos: usos medicinales, industria textil, jabonería, curtiembre, industria papelera, siderurgia, fábrica de pintura y barnices, perfumería, fabricación de aceites lubricantes, fabricación de Rilsán.
 Superficie potencial: no disponible.
- **Palma africana (*Elaeis guineensis*)**
 Producto: biodiésel 5550 L/ha con base en 19 t/ha.
 Subproductos: aceite vegetal, jabones, cosméticos, concentrado animal, vino.
 Superficie potencial: 200 mil ha.

- Jícaro (*Crescentia alata*)
Productos: etanol 895 L/ha y biodiésel 347 L/ha.
Subproductos: galletas de alto valor nutricional, concentrado animal, energía, semilla, licor.
Superficie potencial: 500 mil ha + 3282,0 mil ha en asocio con ganadería extensiva.

Un diagnóstico a partir de los cultivos anteriormente citados dio como resultado una zonificación de cultivos bioenergéticos, según prioridad de desarrollo, conforme se presenta en la Figura 15.4 (mapa).

Figura 15.4. Nicaragua. Zonificación de cultivos bioenergéticos.



Mapa No 10: Zonificación de Cultivos Bio energéticos Según Prioridad de Desarrollo

Legenda

- | | |
|---|-------------------------|
| ● Cabecera Departamental | ~ Carretera Pavimentada |
| ■ Zonas con restricciones para el cultivo de bioenergéticos | ■ Higuenterías |
| ■ Centros poblados | ■ Tempate |
| ■ Cultivos anuales | ■ Jicaro |
| ■ Ganadería extensiva | ■ Palma Africana |
| | ■ Yuca |

Fuente: MEM y UNAM 2009.

1. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

- 1.1. *Iniciativas públicas o privadas*

- 1.2. *Institutos de investigación y desarrollo*

- 1.3. *Aspectos potenciales*

- 1. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel**

- 1.1. *Iniciativas públicas o privadas***

La empresa *Texas BioDiesel Corporation*, dedicada a la producción de biodiésel, ha incursionado en Panamá con miras a instalar una refinería en Puerto Armuelles. La planta tendrá la capacidad de procesar 100 millones de galones anuales de biodiésel.

La primera etapa del plan contempla financiar la Cooperativa Empresa Productora de Palma de Aceite de Chiriquí, una planta de extracción de aceite. La empresa estadounidense tendrá como primera opción la compra del aceite de la cooperativa para su transformación a biodiésel. Los productores han acordado con la compañía aumentar la superficie cultivada de 5 mil 700 a 10 mil 900 para el 2009.

- 1.2. *Institutos de investigación y desarrollo***

En la Universidad Tecnológica de Panamá se llevan a cabo trabajos de investigación financiados por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología con el objetivo de mejorar los procesos de producción a pequeña escala para lo cual ya se ha construido la planta piloto (UTP 2009).

La capacidad de producción de la planta está definida por el reactor, el número de separadores o tanques de depuración y por el tiempo de residencia en el reactor. Como esta planta cuenta con un reactor, un separador y un tanque de lavado, estará en capacidad de producir 100 litros de biodiésel por lote de forma semicontinua.

A continuación se citan los principales temas de investigación donde trabajan las instituciones académicas y de investigación, financiadas por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

- ✓ Planta piloto para la producción de biodiésel (Universidad Tecnológica de Panamá).
- ✓ Producción de biodiésel descentralizado (Luis Castañeda).
Proyecto para la generación de biodiésel y desarrollo de *Jatropha* (productos lácteos San Antonio S.A.).

1.3. Aspectos potenciales

En el Cuadro 16.1 se muestra el potencial de diversos cultivos asociados a la producción de biodiésel. Se detallan algunos parámetros de desempeño en cuanto a la eficiencia de extracción, rendimiento de aceite y de biodiésel.

Cuadro 16.1. Panamá. Rendimientos en aceite y biodiésel de diferentes fuentes.

Cultivo	Parte útil	Eficiencia extracción (%)	Rendimiento aceite (kg/ha)	Acidez aceite (mgKOH/g)	Rendimiento biodiésel/aceite	
					Sin lavar (%)	Lavado (%)
Castaña	Semilla	n.d.	1575	0,6	97,50%	92,92%
Girasol	Semilla	n.d.	800	1,7	93,00%	80,52%
Palma africana	Pulpa	n.d.	4000	5,9	89,91%	78,24%
Palmiste	Semilla	n.d.	-	6,5	85,50%	83,04%
<i>Sacha inchi</i>	Semilla	n.d.	-	0,6	96,54%	-
Soya	Semilla	n.d.	375	1,3	95,25%	86,21%
Umari	Pulpa	25.21	2078	2,0	90,55%	85,57%
Ungurahul	Pulpa	3,45	240 - 525	1,8	94,00%	94,00%

República Dominicana

1. La materia prima. La producción de aceite
 - 1.1. *Principales fuentes vegetales*
 - 1.2. *Costos medios de producción de la materia prima*
2. El Sistema de innovación relacionado con el biodiésel
 - 2.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 2.1.1. *Experiencia gubernamental*
 - 2.1.2. *Otras experiencias*
 - 2.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
3. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 3.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 3.2. *Marco regulatorio para la mezcla del biodiésel*
4. Aspectos potenciales
 - 4.1. *Consumo de diésel*
 - 4.2. *Posibilidades de expandir la oferta de materia prima*

1. La materia prima. La producción de aceite

1.1. Principales fuentes vegetales

En la actualidad, las especies que se están sembrando localmente para la producción de biodiésel son la higuera y la *Jatropha curcas*.

Asimismo, existen otros rubros con potencial para la producción de biodiésel, los cuales han sido explotados para otros fines, como la palma africana (*Elaeis guineensis*), el cocotero (*Cocos nucifera*) y la libertad (*Moringa oleifera*).

Según datos suministrados por el IDIAF, en el Cuadro 17.1 se detallan las superficies potenciales de siembra en relación con los cultivos agroenergéticos.

Cuadro 17.1. República Dominicana. Superficie potencial de cultivos agroenergéticos para la obtención de aceite como materia prima.

Cultivo	Nombre científico	Superficie potencial (miles de ha)
Higuereta	<i>Recinus communis L.</i>	160,5
Piñón	<i>Jatropha curca L.</i>	828,6
Libertad	<i>Moringa oleifera</i>	306,0
Subtotal cultivos no industrializados de zonas secas		1295,1
Palma africana o palma aceitera	<i>Elaeis guineensis</i>	44,5
Cocotero	<i>Coco nucifera, L</i>	127,1
Subtotal de cultivos industrializados para la producción de aceites comestibles		171,6

Fuente: IDIAF.

1.2. Costos medios de producción de la materia prima

Cuadro 17.2. República Dominicana. Costos de producción agrícola de cultivos oleaginosos para la producción biodiésel.

Cultivo	Nombre científico	Rango de Costo Agrícola (US\$/ ha)	Rango de rendimientos estimados (t/ha)
Higuereta	<i>Recinus communis L.</i>	De 1700 a 1800	De 1,8 a 4,0
Piñón	<i>Jatropha curca L.</i>	De 1700 a 2100	De 2,0 a 5,0

Fuente: Comisión Nacional de Energía, República Dominicana.

2. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel

2.1. Iniciativas públicas o privadas

2.1.1. Experiencia gubernamental

A nivel del sector público, la empresa de transporte estatal Oficina Metropolitana de Servicios de Autobuses (OMSA) mantiene en funcionamiento sus unidades de autobuses con biodiésel producido por la empresa privada Eco Green Dominicana, C x A, la cual le despacha B-100. Dicha empresa estatal es la que realiza la mezcla.

Además de las iniciativas estatales, como el proyecto piloto para la siembra de 125 hectáreas de higuierilla y *Jatropha* (75%-25%), desarrollado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), la mayoría de los proyectos se encuentran en la fase de fomento (siembra) de los dos cultivos antes mencionados, destinando la producción inicial de semillas a donaciones para ensayos CNE, así como al mercado de semillas local como alternativa a la importación de la misma.

Esta iniciativa pretende vencer las barreras agronómicas mediante una producción que impacte positivamente la diversificación de la matriz de consumo de combustible y que, en términos medioambientales y socioeconómicos, logre estimular el sector agrícola y crear empleos directos e indirectos.

En ese sentido, existen factores favorables para el logro de esta meta, entre ellos una gran cantidad de terrenos ociosos para el fomento de especies oleaginosas sin generar el conflicto entre energía y alimentos, los incentivos fiscales (ley) existentes, así como el grado de interés del Gobierno.

Desde la óptica de la cadena productiva, la meta cercana consiste en la transición de la fase agrícola a la industrial y luego en un horizonte temporal de mediano plazo, la fase de servicios (mezcla y distribución).

2.1.2. Otras experiencias

Existen también empresas productoras de biodiésel en Santiago y Puerto Plata, así como negocios de comida rápida que reciclan el aceite usado y lo someten al proceso de transesterificación para la obtención de biodiésel, el cual se utiliza en su flotilla de vehículos (Pollos Victorina, CxA en Santo Domingo).

Con respecto a concesiones, una empresa radicada en el suroeste del país proyecta sembrar un total de 37 mil ha de *Jatropha curcas* mediante el sistema de eco aldeas, con una producción proyectada de unos 68,1 millones de litros de biodiésel al año.

Por otra parte, la empresa BIO-BAY procesa aceite reciclado y sebo de ganado para producir biodiésel con un volumen mensual promedio de unos 2000 galones.

En un nivel micro, existen iniciativas privadas que mediante el acopio del aceite vegetal usado, sebo de mataderos y residuos de la copra del coco, producen biodiésel en pequeña escala, lo cual contribuiría a la inserción de fuentes alternativas en la matriz de consumo energético, liberaría al medioambiente de una externalidad negativa como la inadecuada disposición de aceites usados y, a su vez, se promovería la creación de nuevas fuentes de empleos en diferentes localidades.

También es posible que se desarrolle la producción de biodiésel a partir de algas, que además de tener un carácter de multipropósito (biodiésel, fertilizante, carbohidratos, entre otros), ofrece una alternativa de uso menos extensivo de los terrenos.

2.2. Institutos de investigación y desarrollo

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) ha desarrollado algunos trabajos en el área agronómica con algunos cultivos de oleaginosas. Además, en cuanto a la parte industrial, el Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI) ha realizado otros trabajos de estándares de calidad de biodiésel, así como ensayos de laboratorio con algas para la producción de biodiésel en un nivel preliminar.

3. Políticas públicas y marco regulatorio

3.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

El Gobierno ha mostrado un alto grado de interés en la implementación de políticas para incentivar la producción de biodiésel, lo cual se evidencia con la promulgación de la Ley n.º 57-07 de Incentivo a las Energías Renovables y Regímenes Especiales de mayo del 2007 y su respectivo Decreto n.º 202-08, que aprueba el Reglamento de Aplicación de dicha Ley en mayo del 2008.

3.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

Según se establece en el artículo 22 de la Ley 57-07, Incentivo al Desarrollo de las Energías Renovables, la CNE ha elaborado el reglamento que establece las proporciones de mezcla de biodiésel/petrodiésel. Dicho reglamento está pendiente de revisión por parte del Departamento Legal.

4. Aspectos potenciales

4.1. Consumo de diésel

La matriz del modelo energético de la nación se sustenta sobre la base de un 73% de hidrocarburos. El 18% del subsector eléctrico es suplido por fuentes hidráulicas y el restante 7% por biomasa, energía solar y vientos (Fernández 2008).

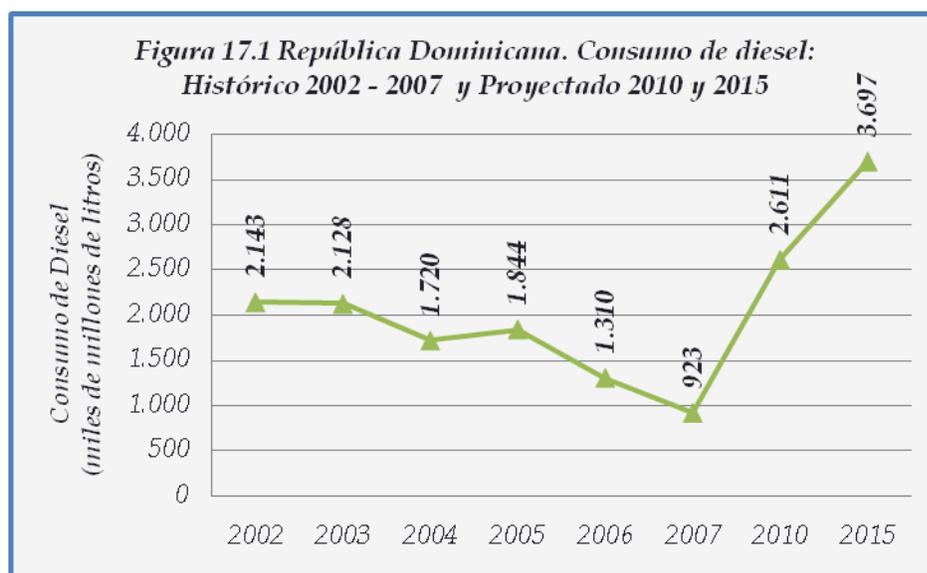
La fuerte participación de los hidrocarburos en la matriz energética genera una factura por un monto de los US\$4241,7 millones, equivalentes a un 31,3% del total de las importaciones y a un consumo diario de 132,7 mil barriles para el año 2008.⁷²

⁷² Los datos de importaciones de petróleo y derivados, sector externo, provienen del Banco Central de República Dominicana, disponibles en http://www.bancentral.gov.do/estadisticas_economicas/sector_externo/importaciones_crudo.xls

Cuadro 17.3. República Dominicana. Consumo de diésel por sector económico actual (2002-2005) y proyectado (2010 y 2015) en miles de millones de litros.

Sector	Actual				Proyectado	
	2002	2003	2004	2005	2010	2015
Transporte	821,8	802,6	623,3	668,2	946,0	1 339,2
Autogeneración	461,5	561,3	472,2	506,2	716,7	1 014,6
Generación servicio público	578,8	489,5	411,8	441,5	625,0	884,8
Industrial	173,7	169,7	131,8	141,2	200,0	283,1
Otros sectores	76,5	74,7	58,0	62,2	88,0	124,6
Comercial, servicios y público	30,8	30,1	23,3	25,0	35,4	50,2
Total	2 143,1	2 127,8	1 720,5	1 844,3	2 611,1	3 696,5

Fuente: CNE, República Dominicana.



Fuente: CNE. República Dominicana.

Como puede observarse en el Cuadro 17.3 y Figura 17.1, hasta el año 2003 el consumo de diésel a nivel local se mantuvo alrededor de 2100 miles de millones de litros, lo que muestra una baja significativa en el año 2004 con un total de 1720 miles de millones de litros de diésel. A partir del año 2004, los consumos reflejados son proyecciones realizadas por la CNE (2008).

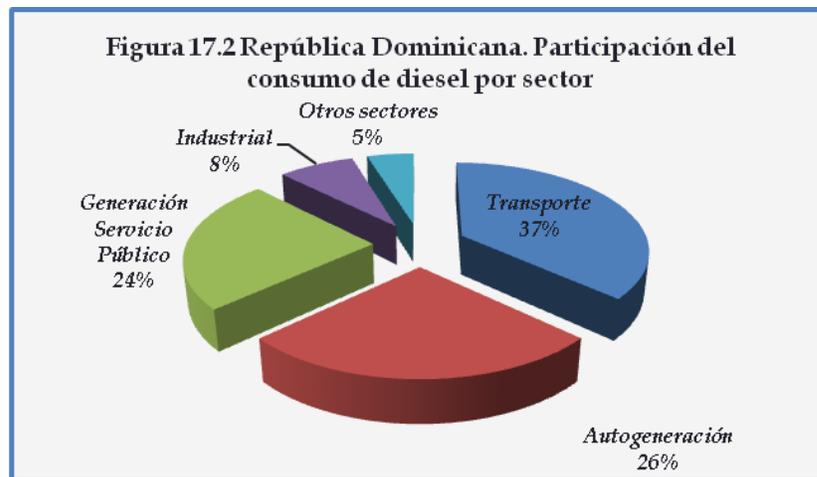
El comportamiento decreciente del consumo de diésel podría estar asociado a la contracción registrada del producto interno bruto (PIB), cuyos indicadores de crecimiento se ubicaron en -0,3% y 1,3%, respectivamente.

Sin embargo, según las estadísticas del MIC, el consumo de diésel continuó su tendencia decreciente durante los años 2006 y 2007, con 1310 y 923 miles de millones de litros, respectivamente, lo cual evidencia una drástica reducción de consumo.

El Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas del Banco Central de República Dominicana, reportó una contracción de -16,5 de la rama de actividad económica denominada como “fabricación de productos de la refinación de petróleo”, para el año 2007 con respecto al año 2006.⁷³

Dos sectores tienen una fuerte participación del consumo de diésel en República Dominicana: el sector de generación de energía y el sector transporte, con 50% y 37% del total de consumo, respectivamente.

En la Figura 17.2 se puede visualizar la composición del consumo de diésel por sector. Se muestra que la generación de energía está distribuida entre el servicio público y la autogeneración.



Fuente: CNE, República Dominicana.

⁷³ Consultado en línea: http://www.bancentral.gov.do/estadisticas_economicas/sector_real/pib.xls

4.2. Posibilidades de expandir la oferta de materia prima

Cuadro 17.4. República Dominicana. Producción potencial estimada de aceite con origen en higuiereta y piñón.

Rubro	Unidades	Estimación de producción potencial por cultivo	
		Higuiereta	Piñón
Cultivo		<i>Recinus communis</i>	<i>Jatropha curcas</i>
Nombre científico			
Área potencial	Miles de ha	160,5	828,6
Rendimiento agrícola ^{1/}	t / ha	2,9	3,5
Producción de semillas	Miles de t	465,5	2900,1
Producción de aceite ^{2/}	Millones de L	242,3	1186,5

Notas: 1/ El rendimiento de higuiereta y piñón se expresa en función de semillas frescas descascaradas, con la salvedad de que han perdido algo de humedad durante el proceso de secado para acelerar la dehiscencia (en el caso de *Ricinus*).

2/ El rendimiento de extracción de aceite se estimó en un rango de 54% y 44% para los cultivos de higuiereta y piñón, respectivamente. A su vez, los pesos específicos referenciados fueron de 0,961 y de 0,920 t / m³.

Fuente: CNE, República Dominicana.

1. Producción de biodiésel en el país
2. La materia prima. La producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales*
 - 2.1.1. *Canola*
 - 2.1.2. *Soja*
 - 2.1.3. *Otros cultivos oleaginosos*
 - 2.2. *Costos medios de producción de la materia prima*
3. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.1.1. *Agriculture and Agri – Food Canada*
 - 4.1.2. *Natural Resources Canada*
 - 4.1.3. *Environmental Canada*
 - 4.2. *Marco regulatorio para la mezcla del biodiésel*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidades de expandir la oferta de materia prima*
 - 5.2.1. *Canola*
 - 5.2.2. *Soja*
 - 5.3. *Producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima*

1. Producción de biodiésel en el país

La industria de biodiésel en Canadá es aún marginal, con una capacidad instalada en el 2007 de 97 millones de litros por año (Cuadro 18.1).

La situación de industria marginal se debe principalmente al limitado número de plantas de producción, a la disponibilidad de materia prima para ser usada como insumo para biodiésel y a aspectos concernientes a la adaptabilidad del biodiésel a clima frío.

Sin embargo, con las nuevas plantas actualmente en construcción y otras que podrían ser construidas en los próximos cinco años, la expectativa de la industria canadiense alcanzaría la meta establecida de 500 millones de litros de biodiésel por año, para el 2010.

Cuadro 18.1. Canadá. Capacidad instalada de biodiésel en producción y en construcción durante el 2007.

Nombre de la empresa	Ciudad	Provincia	Materia prima	Capacidad (x10 ⁶ litros)
Plantas en producción				
BIOX	Hamilton	Ontario	Cebo	66
Rothsay	Montreal	Quebec	Grasa animal	30
Milligan BioTech	Foam Lake	Saskatchewan	Aceite de canola	1
Subtotal en producción				97
Plantas en construcción				
Canadian Bioenergy	Sturgeon	Alberta	Canola	225
Chin Lake	Lethbridge	Alberta	Canola	40
Western Biodiésel Inc.	Aldersyde	Alberta	Canola y grasa animal	19
Subtotal en construcción				284

Fuente: Agriculture and Agri-Food Canada, disponible en www.agr.gc.ca.

Dicha expectativa sería alcanzada con la diversidad de programas gubernamentales en curso y la sostenida inversión industrial y agrícola, a través del incremento de las producciones de canola y soya, el aumento del contenido de aceite de canola y la construcción de plantas adicionales de biodiésel.

2. La materia prima. La producción de aceite

2.1. Principales fuentes vegetales

En Canadá, los cultivos que podrían ser usados en la producción de biodiésel son canola y soja. Canola es el cultivo oleaginoso primordial en Canadá. Representa el 85% del total de la producción de oleaginosas y el 73,2% de la superficie total de siembra de oleaginosas, mientras que la soja solamente contabiliza el 9% de la producción y el 13,7% de la superficie (Cuadro 18.2) (*Canola Council of Canada 2006:5-3; Statistics Canada. Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division*).

Cuadro 18. 2. Canadá. Superficie de cultivos oleaginosos en el 2008.

Cultivo oleaginoso	Superficie (miles ha)	Participación (%)
Canola	6 277,0	73,2%
Soya	1 172,0	13,7%
Lino	524,0	6,1%
Girasol	78,9	0,9%
Total	8 575,9	100,0%

Fuente: Statistics Canada. *Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review*.

Además de los cultivos oleaginosos, las grasas amarillas y gorduras animales podrían también ser usadas como un insumo para la producción de biodiésel. Sin embargo, dada la limitada oferta de estas fuentes, la industria canadiense confía más en el aprovisionamiento de canola y en menor medida, en la soja.

2.1.1. Canola

La canola es generalmente producida en la parte occidental del país, mientras que la producción de soja está concentrada en Canadá Oriental, principalmente en la provincia de Ontario.

En el ciclo de cultivo 2005 - 2006, se produjeron 9,5 millones de toneladas de canola. “De estos, 4,6 fueron producidos en Saskatchewan; 3.6 en Alberta; y 1,3 millones de toneladas en Manitoba” (*Canola Council of Canada 2006:4-4*).

Cuadro 18.3. Canadá. Evolución de la producción de canola (1999-2000 / 2007-2008).

Año de cultivo	Área cosechada ('000 ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción ('000 t)	Importaciones ('000 t)	Exportaciones ('000 t)
1999 - 2000	5564	1,58	8798	124	3885
2000 - 2001	4859	1,48	7205	224	4859
2001 - 2002	3785	1,33	5017	226	2524
2002 - 2003	3426	1,29	4407	240	2394
2003 - 2004	4689	1,44	6771	243	3754
2004 - 2005	4938	1,57	7728	108	3412
2005 - 2006	5175	1,83	9483	140	5409
2006 - 2007	5238	1,72	9000	203	5477
2007 - 2008	6277	1,52	9529	179	5661

Fuente: Statistics Canada. *Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division*.

2.1.2. Soja

En el período 2004 – 2005, se cultivaron 3 millones de toneladas de soja. De esta cantidad, el 82% fue producido por la provincia de Ontario, el 15% en la provincia de Quebec y el 2% en Manitoba (*Agriculture and Agri-Food Canada* 2006:5).

Cuadro 18. 4. Canadá. Evolución de la producción de soja (1998–1999 / 2007–2008).

Año de cultivo	Área cosechada ('000 ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción ('000 t)	Importaciones ('000 t)	Exportaciones ('000 t)
1998 – 1999	980	2,79	2737	254	876
1999 – 2000	1004	2,77	2781	455	949
2000 – 2001	1061	2,55	2703	431	747
2001 – 2002	1069	1,53	1635	982	501
2002 – 2003	1024	2,28	2336	651	723
2003 – 2004	1047	2,17	2273	587	914
2004 – 2005	1174	2,59	3044	393	1122
2005 – 2006	1165	2,71	3156	339	1316
2006 – 2007	1201	2,89	3466	241	1741
2007 – 2008	1172	2,30	2696	337	1696

Fuente: Statistics Canada. *Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division.*

2.1.3. Otros cultivos oleaginosos

Otros cultivos oleaginosos producidos en Canadá son el lino y el girasol; sin embargo, el área sembrada con lino ha disminuido en los últimos cinco años (Cuadro 18.5), mientras que el área cosechada para la producción de girasol ha permanecido estable durante ese mismo período, excepto el significativo descenso de producción del período 2004–2005 / 2005–2006. (Cuadro 18.6).

Cuadro 18.5. Canadá. Evolución de la producción lino. (1999-2000 / 2007-2008).

Año de cultivo	Área cosechada ('000 ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción ('000 t)	Importaciones ('000 t)	Exportaciones ('000 t)
1999 - 2000	777	1,32	1.022	2	568
2000 - 2001	591	1,17	693	11	616
2001 - 2002	662	1,08	715	24	618
2002 - 2003	633	1,07	679	27	577
2003 - 2004	728	1,04	754	20	609
2004 - 2005	528	0,98	517	39	468
2005 - 2006	733	1,35	991	38	537
2006 - 2007	785	1,26	989	8	682
2007 - 2008	524	1,21	634	8	679

Fuente: Statistics Canada. Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division.

Cuadro 18.6. Canadá. Evolución de la producción de girasol. (1998-1999 / 2007-2008).

Año de cultivo	Área cosechada ('000 ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción ('000 t)	Importaciones ('000 t)	Exportaciones ('000 t)
1998 - 1999	69	1,63	112	17	43
1999 - 2000	79	1,54	122	19	49
2000 - 2001	69	1,73	119	18	77
2001 - 2002	67	1,55	104	30	92
2002 - 2003	95	1,66	157	21	105
2003 - 2004	115	1,31	150	16	96
2004 - 2005	59	0,93	54	35	32
2005 - 2006	71	1,19	84	26	46
2006 - 2007	77	2,05	157	12	121
2007 - 2008	79	1,58	125	18	112

Fuente: Statistics Canada. Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division.

2.2. Costos medios de producción de la materia prima

En los cuadros 18.7 y 18.8 se presentan los costos medios y los costos unitarios de producción para el ciclo 2008 de las dos fuentes de aceites más importantes del país: la canola y la soja.

Cuadro 18.7. Canadá. Costos promedio de producción para colza y soja (CAN\$/ha). ^{1/}

Concepto	Costo Ciclo 2008	
	Canola	Soja
Semilla	143,5	128,44
Tratamiento de la semilla	-	12,35
Fertilizantes	201,8	43,97
Pesticidas	13,33	44,46
Labranza	91,39	-
Siembra	37,05	51,87
Aplicación	22,23	44,46
Fertilización	22,23	22,23
Cosecha y acarreo	103,62	106,83
Secado	-	25,07
Seguros	39,9	23,47
Intereses 7,25%	20,13	16,3
Mercadeo y otros	8,4	23,96
Total	703,58	543,41

Fuente: Ontario Ministry of Agriculture and Rural Affairs 2008.

Nota: 1/ Tipo de cambio 2008: US\$0,937 / CAN\$1000

(<http://www40.statcan.gc.ca/101/cst01/econ07-eng.htm>).

Cuadro 18.8. Canadá. Costos unitarios de producción para canola y soja (CAN\$/ha). ^{1/}

Rubros	Unidades	Cultivos oleaginosos	
		Canola	Soja
Rendimiento ^{2/}	t / ha	1,44	2,26
Costo unitario	CAN\$ / t	488,60	240,45
Costo unitario	US\$ / t ^{2/}	521,45	256,61

Notas: 1/ Tipo de cambio 2008: US\$0,937 / CAN\$1000 (<http://www40.statcan.gc.ca/101/cst01/econ07-eng.htm>).

2/ Canola Council of Canada 2006:4-I.

3. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel

3.1. Iniciativas públicas o privadas

Se han identificado cuatro grandes iniciativas que utilizan y promueven la producción del biodiésel, conforme se muestra en el Cuadro 18.9.

Cuadro 18.9. Canadá. Ensayos de producción de biodiésel o proyectos en curso (2008).

Canadian International Grains Institute Biodiésel Technology (CIGI) Ofrece demostraciones de un día y cursos cortos sobre producción de biodiésel a productores, comunidades rurales y demás individuos o miembros de la industria interesados. Con la ayuda de una planta portátil de producción de biodiésel, estas demostraciones y cursos cubren varios aspectos de la producción incluso el equipo, la química, aspectos económicos y de mercadeo, fuentes de materia prima y de seguridad (<i>Canadian International Grains Institute</i> 2008).	
Alberta Renewable Diésel Demonstration (ARDD) Corresponde al estudio canadiense más amplio sobre el desempeño del diésel renovable en climas fríos. Esta demostración va más allá del laboratorio y pone al diésel renovable en las rutas típicas usadas por las compañías de camiones (<i>Renewable</i> 2008).	
BIOX Corporation – Planta Piloto, Oakville, Ontario En abril del 2001, BIOX completó la construcción de una planta piloto en Oakville, Ontario con una capacidad de producción de un millón de litros por año. El propósito de esta planta fue demostrar contundentemente la capacidad del proceso BIOX, para convertir una gran variedad de fuentes de materia prima en biodiésel de una forma eficiente y económica. Esta planta probó que BIOX tiene la capacidad de alcanzar la conversión completa de las moléculas de ácido graso y de triglicérido en esteres metílicos, y alcanzar rendimientos de 1:1 sin ningún tratamiento previo (BIOX, BIOX Corporation. Consultado 25 abril 2008. Disponible en http://www.bioxcorp.com/biox_corporation.php).	
Autobuses escolares y ciudadanos prueban el biodiésel Muchas ciudades de Canadá como Halifax, Brampton, Montreal, Saskatoon, Vancouver y otras han aceptado comprobar la eficiencia del biodiésel y usarlo como carburante renovable en los autobuses escolares y ciudadanos.	

3.2. Institutos de investigación y desarrollo

Canadá es el cuarto productor de canola en el mundo. En este contexto, el mantenimiento y mejoramiento de la calidad del cultivo es esencial. Instituciones públicas y privadas constantemente emprenden proyectos de investigación para asegurar la calidad y el mejoramiento de la canola canadiense.

Particularmente, los investigadores se han enfocado en el mejoramiento del rendimiento, la calidad, el contenido de aceite y el nivel de tolerancia del cultivo.

Las siguientes organizaciones están involucradas en actividades de investigación relacionados con la canola: *Agriculture and Agri-Food Canada*, *AgWest Bio*, universidades de *Saskatchewan*, *Manitoba*, *Guelph* y *Calgary*, *Dow AgroScience*, *Saskatchewan Canola Development Commission*, *National Research Center*, *Monsanto*, entre otras.

La soja representa el 9% del total de la producción canadiense de oleaginosas. En este momento ninguna planta de biodiésel en Canadá usa la soja como materia prima. No obstante, esta situación podría cambiar en el futuro. Las siguientes organizaciones están involucradas en la investigación de la soja en Canadá: *Agriculture and Agri-Food Canada*, *University of Guelph*, *University of Waterloo*, *University of Toronto*, *the Canadian International Grains Institute*, *Soy 20/20*, entre otros. Igual que en el caso de la canola, las actividades de investigación abarcan varios aspectos tales como mejoramiento del rendimiento, elevar el contenido de aceite, la calidad de la semilla, la resistencia a plagas e insectos, entre otros.

Cuadro 18.10. Descripción de algunos proyectos para la producción de biodiésel.

Instituciones	Descripción	Fecha	Fuente
<i>Canada Foundation (BIOCAP)</i>	La fundación articuló a diversos socios en soluciones integradas de desarrollo para dirigir los mayores esfuerzos hacia los desafíos de cambio climático y energía limpia. Los programas de BIOCAP brindaron soluciones para entregar nuevas formas y fuentes de energía limpia, estrategias locales de corto y mediano plazo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y oportunidades vía nuevos productos y mercados para el desarrollo económico rural a lo largo de Canadá.	Cesaron operaciones oficialmente el 31 de marzo del 2008, luego de haber iniciado en 1998.	http://www.biocap.ca/
<i>Natural Resources Canada's Canmetenergy</i>	Canmetenergy es el líder canadiense en investigación y desarrollo de tecnología en energía limpia. Se ha constituido en un centro de conocimiento y experiencia en torno a edificaciones y comunidades, combustibles fósiles limpios, renovables, bioenergía, procesos industriales, arenas bituminosas y transporte.	N / A	http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca/eng/
<i>University of Guelph's Ridgetown Ontario</i>	Diseño para la investigación una planta de procesamiento de biodiésel a escala de finca en el campus de esta universidad. Ha recogido por lo menos \$940 mil en fondos federales.	22 de junio del 2008	www.country-guide.ca
<i>Biostreets.inc Canadá</i>	Extractora y refinería de Vegreville. El campo de Vegreville para el proyecto de refinería incluye el diseño, la construcción y operación de un extractor y refinería de biodiésel de gran escala, que empezará con una producción de 175 millones de litros por año en el 2010.	2008	www.biostreetcanada.com
<i>Calgary City Canadá</i>	La iniciativa de la ciudad de Calgary fue uno de los primeros proyectos pilotos en Canadá Occidental. El ensayo inicial de la ciudad ha evolucionado de un proyecto piloto de seis meses para el apoyo de un vehículo del departamento de bomberos de Calgary, a un proyecto sostenible, que soporta un programa de 77 vehículos, principalmente de servicios de agua, desechos y reciclaje, y del departamento de bomberos.	2006	content.calgary.ca

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

La reducción de gases de efecto invernadero (GEI) se ha convertido en uno de los mayores desafíos ambientales. Impulsado por el creciente consenso entre los científicos sobre la relación que existe entre la emisión de gases y el calentamiento global, los gobiernos de todo el mundo han comenzado a implementar leyes y regulaciones diseñadas para reducir tales emisiones.

Las estrategias para alcanzar los objetivos de reducción GEI incluyen una variedad de instrumentos y herramientas. Desde la implementación del Protocolo de Kioto en relación con el establecimiento de niveles máximos nacionales de emisión, incluidas inversiones en investigación y desarrollo, el problema de calentamiento global requiere que los gobiernos, las industrias y los científicos sean innovadores y creativos en sus soluciones para dirigir el tema.

Como parte de una estrategia nacional para reducir las emisiones de gases y la contaminación de la atmósfera, el Gobierno de Canadá lanzó, en abril del 2007, un Plan de Acción diseñado para conducir a este país a la reducción del 20% del total de los gases de efecto invernadero para el 2020. En resumen, para *Government of Canada* (2008). el plan consiste en lo siguiente:

- Impone objetivos mandatorios sobre la industria para alcanzar la meta de una absoluta reducción de 150 megatoneladas⁷⁴ en GEI para el 2020.
- Impone objetivos mandatorios sobre la industria de manera que la contaminación del aire proveniente de la actividad industrial se reduzca a la mitad para el año 2015.
- Regula la eficiencia de los combustibles en los autos y camiones livianos a partir de los modelos 2011.
- Fortalece las normas de eficiencia energética para un número de productos intensivos en el uso de energía incluyendo los bombillos de luz.

Adicionalmente, el Gobierno de Canadá desarrolló diferentes programas y diseñó políticas para fomentar la producción de biodiésel en Canadá. Una lista de los diferentes programas de biocombustibles dispuestos por *Agriculture and Agri-Food Canada*, *Natural Resources Canada* y *Environment Canada*, son listados en los siguientes apartados:

4.1.1. *Agriculture and Agri - Food Canada*

- *Biofuels Opportunities for Producers Initiative*.
Disponibile en http://www.agr.gc.ca/acaaf/bopi-imbp/index_e.php

⁷⁴ Millones de toneladas.

- *Agriculture Bioproducts Innovation Program*
 Disponible en http://www.agr.gc.ca/acaaf/bopi-imbp/index_e.php
http://www.agr.gc.ca/sci/abip-piba/index_e.php
- *EcoAgriculture Biofuels Capital Initiative*
 Disponible en http://www.agr.gc.ca/acaaf/bopi-imbp/index_e.php
<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1195672401464&lang=e>
- *Advancing Canadian Agriculture and Agri-Food Program*
 Disponible en http://www.agr.gc.ca/acaaf/bopi-imbp/index_e.php
<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1182366508375&lang=e>

4.1.2. *Natural Resources Canada*

- *EcoEnergy for Biofuels*
 Disponible en <http://www.oee.nrcan.gc.ca/transportation/ecoenergy-biofuels/index.cfm?attr=0>

4.1.3. *Environmental Canada*

- *Canada's Clean Air Act:*
 Disponible en http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/Clean_Air_Act-WS1CA709C8-1_En.htm

Gobierno de Canadá, Presupuesto 2007, Capítulo 3

Inversión en combustibles limpios

Los combustibles renovables son combustibles limpios que reducen la contaminación del aire y disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero. El Gobierno recientemente anunció una regulación en la que se requiere un 5% de contenido renovable promedio, como etanol, en la gasolina canadiense para el 2010. El Gobierno también pretende desarrollar una regulación para el combustible diésel y de calefacción con un 2% de contenido renovable promedio, como el biodiésel, para el 2012, una vez que haya sido verificado que el nuevo combustible mezclado es seguro y efectivo para el clima y las condiciones canadienses. La producción de combustible renovable es una nueva oportunidad de mercado para los agricultores y las comunidades rurales. El presupuesto del 2006 incluyó \$365 millones para la asistencia a los productores en la realización de oportunidades a través de subproductos agrícolas, incluidos los combustibles renovables.

Para reunir los requerimientos de las regulaciones propuestas, se requerirán cerca de 2 mil millones de litros de combustibles renovables, lo que crea inmensas oportunidades de negocio para el combustible renovable y los productores agrícolas canadienses. El presupuesto 2007 invierte más de \$2 mil millones en apoyo a la producción de combustible renovable en Canadá para ayudar a reunir estos requerimientos, además de \$1,5 mil millones para un incentivo de operación y \$500 millones para combustibles renovables de la próxima generación.

Durante siete años más de \$1,5 mil millones serán asignados a un incentivo de operación para los productores de alternativas renovables para la gasolina, como el etanol, y alternativas renovables para el diésel, tal como el biodiésel, en condiciones donde la industria requiera apoyo para permanecer rentables. Las tasas de incentivos serán fijadas a \$0,10 / l para alternativas renovables a la gasolina y a \$0,20 / l para

alternativas renovables al diésel para los tres primeros años, y se declinará luego de este período.

Con el fin de asegurar que las compañías no ganarán beneficios excesivos, el apoyo gubernamental no será provisto cuando las tasas de retorno exceden el 20% determinado anualmente. El programa de apoyo a compañías individuales tendrá un tope para asegurar que los beneficios son provistos a un amplio rango de participantes en el sector y no solo a las más grandes compañías productoras de petróleo.

El Presupuesto 2007 también dispondrá de \$500 millones durante siete años a *Sustainable Development Technology Canada* para invertir con el sector privado en el establecimiento de fábricas de gran escala para la producción de combustibles renovables de la próxima generación. Estos, producidos de desechos de madera y de la agricultura, tales como la paja de trigo, el tallo de maíz, residuos de madera y pastos, tienen el potencial de generar mayores beneficios ambientales que los combustibles renovables tradicionales. Canadá está bien posicionado para llegar a ser un líder mundial en el desarrollo y comercialización de combustibles de la próxima generación. Por ejemplo, Iogen localizada en Ottawa, es una de las firmas líderes de biotecnología en Canadá. Esta opera la única demostración en el mundo de planta a escala para convertir biomasa a etanol celulósico mediante el uso de tecnología enzimática.

Coincidente con la implementación del programa de incentivo de operación para promover la producción doméstica adicional de combustibles renovables, las exenciones de impuestos para etanol y biodiésel se eliminaron el 1 de abril del 2008.

Fuente: Datos disponibles en <http://www.budget.gc.ca/2007/plan/bpc3-eng.html>

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

El Gobierno de Canadá está desarrollando regulaciones diseñadas para implementar los objetivos del Plan de Acción. En este sentido, la Bill C - 33, *An Act to Amend the Canadian Environmental Protection Act (2007)*, es de significativa importancia.

“Esta normativa permite al gobierno regular el contenido renovable en los combustibles. Las enmiendas a la Canadian Environmental Protection Act, propusieron en esta normativa permitir al gobierno federal la implementación de regulaciones requiriendo el contenido promedio de 5% renovable en la gasolina para el año 2010.” (*Sam NK Banks y Law and Government Division 1999*).

Adicionalmente, el Gobierno también intenta desarrollar una regulación en el caso del diésel y del hidrocarburo para la calefacción. Esta regulación se refiere a un 2% en contenido renovable promedio para el 2012.⁷⁵

A la fecha, se carece de regulación o marco normativo para la mezcla de biodiésel en Canadá. Sin embargo, la *Canadian General Standards Board* ha establecido una normativa CAN/CGSB-3.250⁷⁶ para mezclas de combustible diésel para automóviles, que contenga niveles bajos de biodiésel (mezclas B1 a B5). La norma requiere que el biodiésel contenido en la mezcla reúna la ASTM D6751⁷⁷ o la EN 14214⁷⁸. Actualmente se desarrolla una norma para mezclas con B6 a B20.

⁷⁵ Para mayor información, consúltese el sitio [www.parl.gc.ca, Bill C-33 legislative summary](http://www.parl.gc.ca/Bill/C-33/legislative_summary). El 27 de junio del 2008 la Bill C-33 se convierte en Ley (www.canola-council.org).

⁷⁶ Disponible en <http://w3.pwgsc.gc.ca/cgsb/prgsrv/stdsdev/nsa/secfour-e.html>

⁷⁷ Disponible en <http://www.astm.org/Standards/D6751.htm>

Las jurisdicciones provinciales han actuado de forma particular para implementar las iniciativas dirigidas a estimular la inversión en la producción de biodiésel.

British Columbia, Ontario y Manitoba ofrecen exenciones impositivas. Ontario exime al biodiésel del impuesto al ruedo de \$0,143/litro, mientras que British Columbia ha introducido una exención impositiva de \$0,15 - \$0,21/litro al biodiésel cuando es usado en mezclas con diésel en proporciones de 5 -50%. El gobierno de Manitoba, por su parte, no cobra más el impuesto provincial a la venta de biodiésel puro (\$0,115/litro) y lanzó un programa de apoyo a la producción de biodiésel por un valor de \$1,5 millones.

El 24 de mayo del 2006, las provincias y territorios del Canadá acordaron apoyar el arco de una mezcla del 5% de combustible renovable para el año 2010.

5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

En 2004 el consumo total de diésel en Canadá fue de 25,1 miles de millones de litros, de los cuales aproximadamente el 46% fue destinado al transporte (Canola Council of Canada 2006:5-3).

5.2. Posibilidades de expandir la oferta de materia prima

5.2.1. Canola

Un incremento en producción podría ser alcanzado mediante rendimientos mayores y la intensificación de la rotación del cultivo. “Un examen inicial revela que hay algún potencial para el incremento de superficie en todas las provincias occidentales” (Goodwin 2006:16)

Las praderas formadas por las provincias de Manitoba, Saskatchewan y Alberta conforman la región donde se espera incrementar la producción de canola, de conformidad con el potencial de incremento asociado al cambio en las prácticas rotación de cultivo, descrito en el Cuadro 18.11.

Cuadro 18.11. Canadá. Potencial de incremento en la producción de canola.

Provincia	Potencial de incremento (miles de t)	Cambio en prácticas de rotación de cultivo
Alberta	733	“1 año en 3”
Saskatchewan	2.000	“2 años en 5”
Manitoba	680	“1 año en 3”

Fuente: Goodwin 2006.

⁷⁸ Disponible en <http://www.biofuels.arc.ab.ca/Biofuels/Specifications/EN+14214+2003/Default.ksi>

Se tiene la expectativa de que con los cambios en las prácticas de rotación y en el incremento de rendimientos, la producción de canola alcance de 13 a 14 millones de toneladas por año para el 2015 (*Canola Council of Canada* 2006:4-4).

5.2.2. Soja

Para el período 2014 – 2015, la producción canadiense de soja está proyectada a sobrepasar ligeramente 3,0 millones de toneladas debido a una estable área de semillero y a rendimientos mayores seguidos de la expectante liberación de variedades mejoradas.

5.3. Producción de biodiésel de acuerdo con la materia prima

Con el fin de alcanzar la producción objetivo de 500 millones de litros de biodiésel por año para el 2010, se han desarrollado actividades de investigación para mejorar la tecnología de producción y determinar la resistencia del biodiésel al clima frío y la calidad del aire.

A la fecha se tienen identificadas las mayores fuentes de obtención de aceite, las cuales se muestran en el Cuadro 18.12. La lista no es exhaustiva, pero podría ampliarse en la medida en que se descubran más fuentes potenciales, incluso las asociadas a los biocombustibles de segunda generación.

Cuadro 18. 12. Canadá. Producción promedio de biodiésel por tipo de materia prima.

Oleaginosas (1)	l/ ha
Colza o canola	1,190
Soja	446
Otras materias primas (2)	l/ t
Cebo o grasa animal	1,138
Grasas amarillas	1,138

Fuentes: *Agriculture and Agri-Food Canada* 2006:2 y Stiefelmeyer *et al.* 2008.

De las anteriores fuentes identificadas de materia prima, la colza o canola ha mostrado un significativo incremento en el procesamiento del aceite, como se muestra en el Cuadro 18.13.

Cuadro 18.13. Canadá. Desempeño histórico del procesamiento de canola (miles de toneladas).

Año de cultivo	Molienda	Aceite producido	Torta producida	Export. / Aceite producido
1999 - 2000	2983	1243	1858	50,5%
2000 - 2001	3013	1266	1870	65,2%
2001 - 2002	2293	971	1427	63,4%
2002 - 2003	2225	926	1390	59,9%
2003 - 2004	3390	1395	2120	64,0%
2004 - 2005	3031	1247	1904	84,5%
2005 - 2006	3423	1463	2025	78,6%
2006 - 2007	3579	1551	2108	84,2%
2007 - 2008	4144	1739	2495	65,4%

Fuente: *Statistics Canada. Field Crop Reporting Series / Cereals and Oilseeds Review / International Trade Division.*

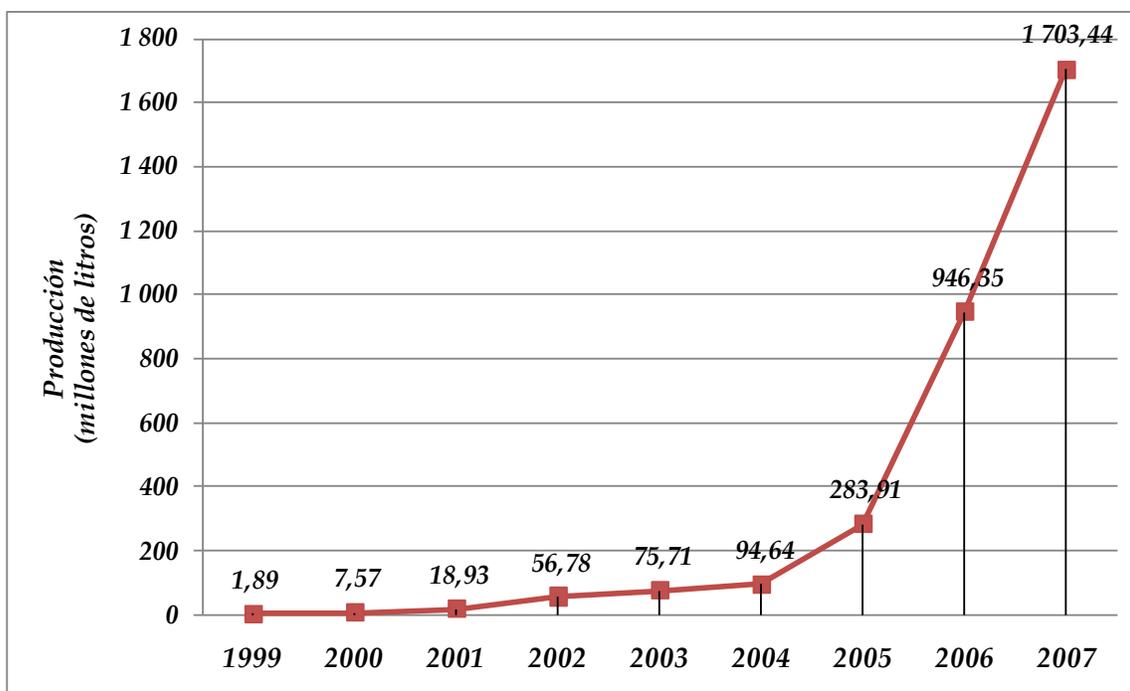
Estados Unidos de América

- 1. Producción de biodiésel en el país**
 - 1.1. *Costos de producción del biodiésel*
- 2. La materia prima. La producción de aceite**
 - 2.1. *Principales fuentes vegetales*
 - 2.1.1. *Soja*
 - 2.1.2. *Algodón*
 - 2.1.3. *Girasol*
 - 2.1.4. *Lino*
 - 2.1.5. *Colza*
 - 2.1.6. *Maní*
 - 2.2. *Costos medios de producción de la materia prima*
- 3. El sistema de innovación relacionado con el biodiésel**
 - 3.1. *Iniciativas públicas o privadas*
 - 3.2. *Institutos de investigación y desarrollo*
- 4. Políticas públicas y marco regulatorio**
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio para la mezcla del biodiésel*
- 5. Aspectos potenciales**
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel*

1. Producción de biodiésel en el país

Estados Unidos es el tercer país productor de biodiésel del mundo y el principal productor en América. Su producción llegó en el 2007 a 1,7 billones de litros (Cuadro 19.1). La producción de biodiésel ha crecido en los últimos cuatro años (2004 - 2007) a una vigorosa tasa media de cambio de 162,1% (Figura 19.1), crecimiento que muestra el sostenido desarrollo de esta industria.

Figura 19.1. EE.UU. Evolución de la producción de biodiésel en el período 1999–2007.



Estados Unidos consume internamente toda su producción. Para agosto del 2007, existían 750 estaciones donde se vendía biodiésel. Carolina del Norte, Carolina del Sur, Texas y Missouri son los cuatro estados con mayor número de gasolineras que venden biodiésel.

El precio promedio del diésel era de US\$0,782 / litro (\$2,96/galón) mientras que el del biodiésel B100, se situaba alrededor de los US\$0,864 / litro (\$3.27/galón) para un diferencial de US\$0,082 / litro (\$0.31/galón). Sin embargo, cuando se expresa en término equivalente de energía, esta diferencia se incrementa a US\$0,150 / litro (\$0,57/galón).

1.1. Costos de producción del biodiésel

El costo capital necesario para la producción del biodiésel es muy similar al de todas las fuentes de materia prima. Sin embargo, los costos de la materia prima varían considerablemente entre ellas y conforman la mayor porción de los costos de producción del biodiésel. Las grasas amarillas⁷⁹ conforman la materia prima más económica seguida por el aceite de soya y luego el de canola. El Cuadro 19.1 muestra el costo de producción de biodiésel de acuerdo a su fuente. Dichos costos deben compararse con el costo de producción de diésel derivado del petróleo que se estima en \$0,412/litro (1.56/galón). (beag.ag.utk.edu).

⁷⁹ Las "grasas amarillas" (*yellow greases*) son mezclas de grasas de freiduría con sebos de calidad inadecuada para otros usos industriales (acidez o color excesivo).

Fuente: Datos disponibles en www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites/grasa_tecnica.htm.

Cuadro 19.1. EE.UU. Costo de producción del biodiésel de acuerdo con la materia prima.

Fuente	Costo de producción biodiésel (\$/galón)	Costo de producción biodiésel (\$/litro)
Aceite de soya	2,98	0,787
Grasas amarillas	1,67	0,441
Canola	2,98 + (0,35 - 0,40)	0,787 + (0,35 - 0,40)

Fuente: *University of Tennessee's Bio-Based Energy Analysis Group.*

2. La materia prima. La producción de aceite

Estados Unidos es el principal productor y exportador de aceite del mundo. La producción oscila entre 80 y 95 millones de toneladas anuales y su exportación es de aproximadamente 30 millones de toneladas de aceite vegetal (Cuadro 19.2).

Cuadro 19.2. EE.UU. Producción y exportaciones de aceite (millones de t).

Año	Producción (a)	Exportaciones (b)	Importaciones (c)	Exportaciones netas(d = b-c)	Consumo aparente (e = a - d)
2003/04	76,60	25,16	0	25,16	51,44
2004/05	95,94	30,71	0	30,71	65,23
2005/06	95,53	26,61	0	26,61	68,92
2006/07	96,61	31,68	0	31,68	64,93
2007/08	80,00	31,71	0	31,71	48,29
2008/09 1/	93,04	29,74	0	29,74	63,30

Nota: 1/ A junio del 2008.

Fuente: Datos disponibles en el sitio www.fas.usda.gov.

**Cuadro 19.3. EE.UU. Producción de oleaginosas y aceite vegetal.
1995-2007.**

Año de cultivo	Grano			Aceite
	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
1995/96	33 536	2,06	69 026	8 169
1996/97	32 555	2,30	74 755	8 333
1997/98	35 351	2,35	83 095	9 505
1998/99	35 275	2,39	84 365	9 430
1999/00	37 149	2,22	82315	9 371
2000/01	36 805	2,31	84 891	9 509
2001/02	37 323	2,41	89 832	9 645
2002/03	36 284	2,31	83 935	9 184
2003/04	36 041	2,13	76 599	8 768
2004/05	36 808	2,61	95 938	9 757
2005/06	36 587	2,61	95 532	10 390
2006/07	36 961	2,61	96 611	10 453
2007/08	31 435	2,54	80 001	10 813
2008/09(1)	34 272	2,63	90 130	10 590

Nota: 1/ Hasta mayo del 2009.

Fuente: USDA y FAS 2008.

2.1. Principales fuentes vegetales

La producción aceitera se fundamenta principalmente en la soya y el algodón, con una participación del 80.6% y 13.7% de la superficie total cultivada de oleaginosas; seguidos más de lejos por el girasol, maní, la colza y el lino (Cuadro 19.4).

Cuadro 19.4. EE.UU. Principales cultivos oleaginosos en el país.

Cultivo	Área sembrada 2007 (miles de ha)
Soja	25 751,0
Algodón	4 382,7
Girasol	714,0
Maní	497,7
Colza	478,7
Lino	143,2

Fuente: USDA y FAS 2008.

2.1.1. Soja

Estados Unidos es el principal productor de soya del mundo con una producción de alrededor de 80 millones de toneladas anuales. Entre el ciclo 1995/06 y el 2003/04, la producción de aceite de soya creció a una moderada tasa anual de 1,7%. A partir del ciclo

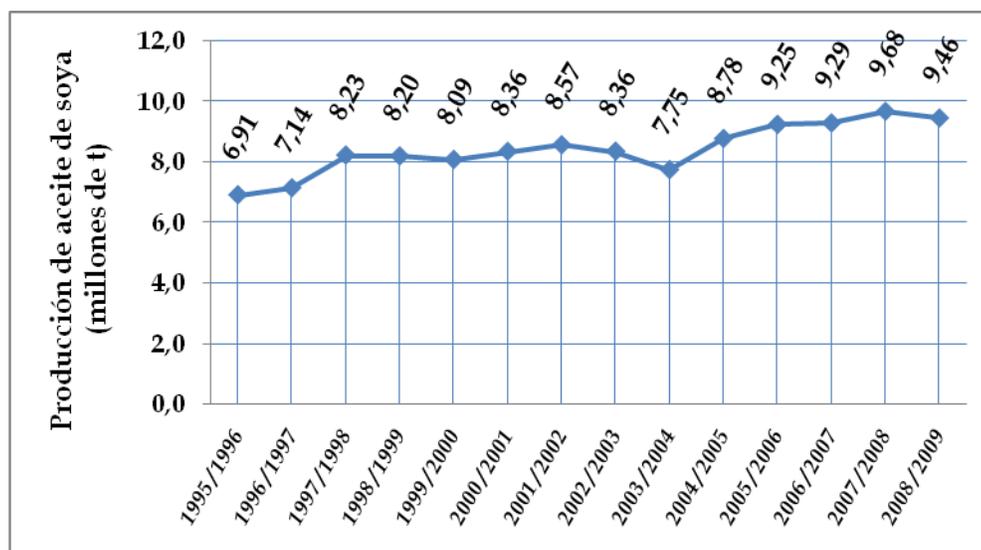
2003/04 este crecimiento se triplicó aumentando así su tasa anual de producción a un 5% (Cuadro 19.5 y Figura 19.2).

Cuadro 19.5. EE.UU. Soja. Área cosechada, rendimiento y producción (1995 – 2007)⁸⁰

Año de cultivo	Grano			Aceite
	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
1995/96	24 906	2,38	59 174	6 913
1996/97	25 637	2,53	64 780	7 145
1997/98	27 968	2,62	73 176	8 229
1998/99	28 507	2,62	74 598	8 202
1999/00	29 318	2,46	72 224	8 085
2000/01	29 303	2,56	75 055	8 355
2001/02	29 532	2,66	78 672	8 572
2002/03	29 339	2,56	75 010	8 360
2003/04	29 330	2,28	66 778	7 748
2004/05	29 930	2,84	85 013	8 782
2005/06	28 834	2,89	83 368	9 248
2006/07	30 190	2,87	86 770	9 294
2007/08	25 422	2,77	70 358	9 682
2008/09	29 186	2,80	81 647	9 462

Fuente: USDA y FAS 2008.

Figura 19.2. EE.UU. Evolución de la producción de aceite de soja.



Fuente: USDA y FAS 2008.

⁸⁰ Información basada en año de mercado (Marketing year) para el aceite es de Octubre a Septiembre.

2.1.2. Algodón

La producción de algodón ha permanecido relativamente estable alrededor de los 6 millones y medio de toneladas al año. La misma tendencia se registra en la producción de aceite que se mantiene relativamente estable en las 400 mil toneladas (Cuadro 19.6).

Cuadro 19.6. EE.UU. Algodón. Área sembrada y cosechada, rendimiento y producción. 2002-2008.

Año de cultivo	Grano				Aceite
	Área sembrada (miles de ha)	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
2002/03	5 648,6	5 028,9	1,12	5 609,9	328 913,9
2003/04	5 455,0	4 857,6	1,24	6 046,0	396 294,1
2004/05	5 527,4	5 284,0	1,41	7 437,2	434 104,7
2005/06	5 764,9	5 585,7	1,33	7 413,6	431 172,2
2006/07	6 181,2	5 152,3	1,29	6 665,9	384 965,2
2007/08 ^{1/}	4 382,9	4 246,0	1,41	5 983,8	385 553,5

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu.

2.1.3. Girasol

Cuadro 19.7. EE.UU. Girasol. Área sembrada y cosechada, rendimiento y producción. 2002-2008.

Año de cultivo	Grano				Aceite
	Área sembrada (miles de ha)	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
2002/03	1,044	877	1,27	1,112	194
2003/04	949	889	1,36	1,209	294
2004/05	758	692	1,34	930	173
2005/06	1,096	1,056	1,73	1,823	282
2006/07	789	716	1,36	972	379
2007/08 ^{1/}	837	813	1,61	1,310	360

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu

**Cuadro 19.8. EE.UU. Producción de aceite de girasol.
2002-2008 (en miles de toneladas).**

Año de cultivo	Inventario inicial	Producción	Importaciones	Total
2002/03	10,3	156,5	27,6	194,4
2003/04	12,2	269,9	11,5	293,6
2004/05	18,1	120,2	34,2	172,5
2005/06	10,1	246,8	25,6	282,5
2006/07	24,5	283,5	70,6	378,6
2007/08 ^{1/}	27,3	298,9	34,0	360,3

1/Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu

2.1.4. Lino

Cuadro 19.9. EE.UU. Lino. Áreas sembradas y cosechadas, rendimiento y producción en el período 2002-2008.

Año de cultivo	Grano				Aceite
	Área sembrada (miles de ha)	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
2002/03	317,3	284,5	1,059	301,3	93,0
2003/04	240,8	238,0	1,123	267,1	99,8
2004/05	211,7	206,8	1,274	263,4	120,2
2005/06	397,8	386,5	1,294	500,3	145,2
2006/07	329,0	310,4	0,902	279,9	132,0
2007/08 ^{1/}	143,3	141,2	1,062	150,0	96,2

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu

Cuadro 19.10. EE.UU. Producción de aceite de lino.2001-2008 (en miles de t).

Año	Inventario inicial	Producción	Importaciones	Total
2001/02	19,5	88,5	4,8	112,8
2002/03	14,1	93,0	5,9	113,0
2003/04	13,7	99,8	6,5	120,0
2004/05	9,0	120,2	7,3	136,4
2005/06	20,5	145,2	4,5	170,1
2006/07	20,4	132,0	3,8	156,2
2007/08 ^{1/}	23,4	96,2	5,4	125,0

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu/ers

2.1.5. Colza

Cuadro 19.11. EE.UU. Colza. Áreas sembradas, cosechadas, rendimiento y producción en el período 2001-2007.

Año de cultivo	Grano				Aceite
	Área sembrada (miles de ha)	Área cosechada (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)	Producción (miles de t)
2001 /02	604,6	588,8	1,54	906,8	264,0
2002/03	590,8	518,4	1,34	694,7	225,0
2003/04	437,9	432,2	1,59	687,2	272,6
2004/05	350,1	335,1	1,81	606,5	362,0
2005/06	469,0	450,8	1,59	716,8	380,6
2006/07	422,5	413,2	1,53	632,2	401,9
2007/08 1/	478,7	470,6	1,40	658,9	396,0

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu

Cuadro 19.12. EE.UU. Producción de aceite de colza. 2001-2008 (miles de t).

Año	Inventario inicial	Producción	Importaciones	Total
2001/02	49,8	264,0	502,8	816,6
2002/03	23,6	225,0	445,1	693,7
2003/04	38,2	272,6	554,8	865,6
2004/05	41,5	362,0	514,0	917,5
2005/06	58,2	380,6	724,7	1.163,5
2006/07	119,5	401,9	711,1	1.232,5
2007/08 2/	73,8	396,0	870,4	1.340,2

1/ Proyectado

Fuente: Datos tomados de usda.mannlib.cornell.edu

2.1.6. Maní

Cuadro 19.13. EE.UU. Maní. Áreas sembradas, cosechadas, rendimiento y producción. 2001-2007.

Año	Área Sembrada ^{1/} (miles de ha)	Área Cosechada ^{2/} (miles de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
2002	547,5	522,7	2,88	1 506,4
2003	543,9	530,9	3,54	1 879,8
2004	578,7	564,1	3,45	1 945,1
2005	670,6	659,2	3,35	2 208,9
2006	503,0	489,7	3,21	1 571,4
2007 5/	497,8	483,6	3,51	1 696,7

1/ Área sembrada para maní.

2/ Área cosechada de maní para nuez.

Fuentes: Crop Production and Crop Values; National Agricultural Statistics Service; Peanut Marketing Assistance Loan y Loan Deficiency Payment Fact Sheet; Farm Service Agency, USDA; y datos de usda.mannlib.cornell.edu.

2.2. Costos medios de producción de la materia prima

Cuadro 19.14. EE.UU. Precios y costos de diferentes materias primas en la producción de biodiésel 1996-2007 (US\$/ t de aceite).

Año de comercialización ^{1/}	Precios			Costos		
	Soja ^{2/}	Colza	Grasas amarillas ^{3/}	Soja	Colza	Grasas amarillas ^{3/}
1996/97	496,04	566,15	243,06	495,33	566,91	243,37
1997/98	568,80	635,60	278,71	569,77	635,62	277,73
1998/99	438,72	495,60	214,97	438,06	495,33	214,74
1999/00	343,92	377,21	168,52	343,58	377,94	168,93
2000/01	311,96	387,13	152,86	312,08	386,53	151,75
2001/02	362,88	516,99	177,81	363,62	518,23	177,52
2002/03	485,90	655,88	238,09	486,74	655,66	237,64
2003/04	660,73	744,28	323,76	661,39	744,42	323,54
2004/05	507,29	678,59	248,57	506,78	678,57	249,10
2005/06	523,60	639,34	256,56	523,96	638,48	257,68
2006/07	793,67	903,90	388,90	750,15	870,40	366,48

Notas: 1/ Comprendido de octubre a setiembre de cada período.

2/ Precios de la soja: Decatur; Average Wholesale Tank Crude; USDA.

3/ Los precios de las grasas amarillas son estimados como del 49% del precio del aceite de soja. La grasa amarilla es elaborada del aceite usado de cocina y otras grasas y aceites provenientes de los establecimientos industriales y comerciales de preparación de alimentos. Pueden ser de aceite vegetal o grasa animal que han sido calentados y usados para cocimiento de alimentos.

Fuente: Department of Agricultural Economics y The University of Tennessee 2007.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

El sistema de innovación se apoya en innumerables iniciativas públicas y privadas interesadas en la producción de biodiésel en el corto plazo y que se encuentran en búsqueda de inversionistas.

3.1. Iniciativas públicas o privadas

Existe en el país un fuerte sistema de innovación relacionado con la producción de fuentes alternativas de energía en general y de biodiésel en particular, que resulta muy difícil y fuera del alcance de este trabajo intentar describirlo. Este sistema se basa en una multitud de ensayos y proyectos llevados a cabo por universidades, pero principalmente por el sector privado atraído por la percepción de una fuerte demanda presente y futura de biodiésel. El alza de los precios de los combustibles fósiles ha servido también para atraer a la inversión privada hacia esta área.

En el Cuadro 19.15 se muestran algunos de los emprendimientos efectuados en el 2008.

Cuadro 19.15. Algunos ejemplos de emprendimientos en los Estados Unidos.

Instituto o empresa	Descripción	Fecha	Fuente
<i>National Institute for Advanced Transportation Technology.</i> Universidad de Idaho	Se espera que este proyecto genere una tecnología capaz de producir biodiésel a partir colza, canola y mostaza a un costo mínimo. Esto tendría el efecto de promover y extender la aceptación de biodiésel en el país, ya que sería económicamente competitivo con el petróleo, y abriría así un mercado virtualmente ilimitado.	Situación del proyecto: completado	http://www.webs1.uidaho.edu/niatt/research.asp
<i>Mcgyan Process</i>	El nuevo <i>Mcgyan Process</i> utiliza alcohol y otras variedades de aceites desechados en un reactor de alta temperatura y presión. En este, los aceites provenientes de soja, coco o incluso algas reaccionan con un catalizador, y así se crea un biodiésel 100% renovable. Este es un proceso limpio, eficiente, económico y rápido (crea biodiésel en menos de seis segundos).	Marzo del 2008	http://www.mcneffresearchconsultants.com/technology-mcgyan.asp
<i>Eastern Regional Research Center, Philadelphia, PA. Agricultural Research Service (ARS).</i>	Expandir el uso de grasas animales, aceites vegetales y sus productos derivados que permitan desarrollar procesos nuevos o alternativas para explotar el potencial de las materias primas como biomasa y biocombustibles. Las áreas de interés incluyen el desarrollo: a. Procesos alternativos para la producción de biodiésel a partir de aceites y grasas intactos y/o materias primas de lípidos menos costosas. b. Metodologías para el mejoramiento de la calidad y el desempeño de los combustibles de biodiésel. c. Nuevos usos para el glicerol.	Fecha de inicio: 17 de junio del 2004 Fecha de finalización: 16 junio del 2009	http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN=408597
<i>Eastern Washington Gateway Railroad</i>	El tren del Este de Wa, funcionará en biodiésel durante todo el verano a modo de prueba.	Junio del 2008	http://seattletimes.nwsource.com/html/localnews/2008011135_biodiesel22.html

Instituto o empresa	Descripción	Fecha	Fuente
<i>Tyson Foods & Syntroleum</i>	<i>Dynamic Fuels</i> inició la construcción de una planta con capacidad de 283,8 millones de litros / año (75 Mgy) de diésel removable y <i>jet fuel</i> en Geismar, Lousiana, con una inversión de US\$138 millones, para lo cual utilizó grasa y desechos animales. El proyecto tiene la expectativa de comenzar la producción a partir del 2010.	Enero del 2009	http://www.biofuelsdigest.com/blog2/2009/01/14/dynamic-fuels-commences-production-at-75-mgy-renewable-diésel-jet-fuel-plant/
<i>Solazyme, Inc.</i>	Es una compañía que aprovecha la energía de microorganismos acuáticos, como las microalgas. A partir de estos, se obtiene aceite como materia prima para la producción de biodiésel, mediante procesos escalables y limpios. La compañía fue fundada en el 2003 y está localizada en el Sur de San Francisco, California.	Desde el 2003	http://www.prnewswire.com/mnr/solazyme/30888/
<i>Green Flight International</i>	Se estableció un nuevo registro de vuelo mediante el uso de biocombustible amigable con el ambiente. Dicho vuelo se originó en Reno, NV y concluyó en Leesburg, FL, el día 1 de noviembre del 2008. El tiempo de vuelo fue de un poco más de 11 horas, a altitudes comprendidas en un rango de 4000 a 5200 metros (13 000 a 17 000 pies). 2842 km de un total de casi 4000 km de vuelo se realizaron con 100% de biodiésel. Solamente en tramo de un poco más de 1000 se utilizó una mezcla de 50% de biodiésel y 50% de combustible normal de <i>jet</i> . Dicha mezcla fue usada para comparar los datos de desempeño y demostrar la capacidad de mezclas de biocombustible con el suministro de <i>jet fuel</i> .	Noviembre del 2008	http://www.greenflightinternational.com/pr.htm
<i>San Francisco CA Gov</i>	La flota completa de vehículos diésel de la ciudad de San Francisco, ha sido cambiada a biodiésel, un mes antes de la meta que se habían propuesto en el 2006. Camiones de bomberos, ambulancias, autobuses y otros vehículos ahora funcionan con B20, una combinación de 20% biocombustible y 80% de diésel.	2008	http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/03/04/san-francisco-convierte-toda-su-flota-a-biodiésel/

Otro indicador de la magnitud de los emprendimientos en el país son los centenares de patentes relativas a la producción de biodiésel, inscritas en la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), muchas de las cuales corresponden a empresas o agencias de Estados Unidos. El sitio *web* de la organización tiene un motor de búsqueda de datos. En una prueba, la palabra clave biodiésel dio 206 resultados ordenados por relevancia ([Patent Scope search for: biodiésel](#)). El sitio equivalente para los Estados Unidos es el [Patent Full-Text and Full-Page Image Databases](#).

3.2. Institutos de investigación y desarrollo

En cuanto a estudios e investigaciones sobre biodiésel en Estados Unidos, la búsqueda en la página de la *Biodiésel Organization* (<http://www.biodiesel.org/>) brinda más de 300 resultados sobre el tema biodiésel.⁸¹

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

Desde 1992 varias agencias del Gobierno Federal así como agencias estatales han implementado iniciativas orientadas a fomentar la producción y uso del biodiésel. A nivel del Gobierno Federal, el Acta de Política sobre Energía (EPAAct 1992) es el crédito impositivo para el biodiésel establecido en el 2004, el Programa *Commodity Corporation Credit* (CCC) del USDA y más recientemente el EPAAct 2005. Por lo menos 31 estados han instituido un número de iniciativas sobre el tema.⁸²

4.2. Marco regulatorio para la mezcla de biodiésel

⁸¹ Para mayor información, consultar el sitio <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/viewall.asp>

⁸² Datos obtenidos de www.biodiesel.org

Cuadro 19.16. EE.UU. Descripción de algunas regulaciones.

Agencia gubernamental	Descripción	Fecha de lanzamiento	Fuente
<i>U.S. Department of Energy (DOE)</i>	<i>EPAct 2004 Program</i> establece un cierto porcentaje de vehículos que usen combustibles alternativos (alternative fuels vehicles- AFVs) en la flotas estatales.	1992	www.biodiésel.org
<i>U.S. Department of Energy (DOE)</i>	<i>Energy Conservation Reauthorization Act</i> de 1998 establece créditos para fomentar el uso de biodiésel.	1998	www.biodiésel.org
<i>Gobierno Estados Unidos</i>	Como parte del <i>American Jobs Creation Act</i> (JOBS Act) del 2004, se establece un incentivo de impuestos para el uso de biodiésel.	2004	www.biodiésel.org
<i>Minnesota State Legislature</i>	Establece un proyecto de ley donde se determina que todo el diésel vendido en el Estado debe contener por lo menos un 2% de biodiésel. El requerimiento entró en vigor el 30 de junio del 2005.	2002	www.eere.energy.gov
<i>Washington State</i>	<i>House Bill 2664</i> . Crea un estándar para biodiésel y etanol. El mandato tendrá efecto el 1 de diciembre del 2008 y establece que el diésel vendido tendrá un 2% de biodiésel.	2006	www.renewableenergyworld.com
ASTM	Cambios en la especificaciones para la mezcla del Biodiésel B100 (ASTM D6751) - Las especificaciones finales para incluir hasta el 5% de biodiésel (B5) en la especificación para el diésel convencional (ASTM D975). - Una nueva especificación para las mezclas entre 6% (B6) y 20% (B20) para el diésel.	20 jun. 2008	digital50.com/news
<i>Missouri</i>	Unos pocos meses después de la entrada en vigor de la mezcla obligatoria del 10% de etanol en la mezcla con gasolina, el Senado de Missouri aprobó una legislación para que la mezcla de diésel contenga 5% de biodiésel para el año 2010. Los aspectos proponentes señalan como aspectos positivos del mandato, el incremento de la demanda por soya, así como el aumento de la demanda y de los precios para el maíz que es usado para producir etanol. También señalan un aumento en la demanda por combustibles en las áreas rurales y menor dependencia del petróleo proveniente del exterior.	Mayo 2008	www.commondreams.org
<i>Minnesota State</i>	La Legislatura de Minnesota aprobó el Decreto sobre el Biodiésel más grande del país, y envió la ley al gobernador Tim Pawlenty para su firma. La SF 3683 es una ley que eleva el estándar del biodiésel hasta 5% al año hasta alcanzar 10% en el 2012 y finalmente el 20% en 2015. La medida obliga al tope más alto durante los meses más calientes, al terminar la primavera, durante el verano y los primeros meses del otoño.	2008	/domesticfuel.com
<i>Missouri South Dakota</i>	Missouri busca establecer el mandato de una mezcla del 5% de biodiésel, con lo cual empataría el nivel obligatorio más alto del país. Nuevo México tendrá un mandato del	2008	www.autobloggreen.com

Agencia gubernamental	Descripción	Fecha de lanzamiento	Fuente
	5% para el 2012 y otros cuatro estados han establecido un nivel del 2%.		
Regulaciones Federales: Biodiésel Tax Credits	<p><i>Biodiésel VEETC Tax Credits</i></p> <p>La <i>American Jobs Creation Act</i> del 2004 (JOBS Bill), firmada como ley en octubre del 2004, creó el crédito impositivo volumétrico para el etanol (VEETC), que incluye al biodiésel. La <i>Energy Policy Act</i> del 2005 (H.R.6) a su vez extendió el crédito hasta el 31 de diciembre del 2008 y creó un crédito impositivo similar para el diésel renovable.</p> <p>El crédito impositivo volumétrico para el Agri-Biodiésel es de US\$1,00/galón. El Agri-Biodiésel se define como el diésel elaborado a partir de aceites vírgenes derivados de materia prima vegetal o grasas animales.</p> <p>El crédito impositivo volumétrico para el biodiésel es de US\$0,50/galón. El biodiésel se define como el diésel elaborado a partir de productos agrícolas y grasas animales.</p> <p>El crédito impositivo volumétrico para el diésel renovable es de US\$1,00/galón. El diésel renovable se define como el diésel elaborado a partir de la biomasa, donde se utiliza un proceso de despolimerización térmico.</p> <p>Crédito impositivo para el pequeño productor de biodiésel. Un nuevo crédito impositivo para pequeños productores de agri-biodiésel igual a US\$0,10/galón para los primeros 15 millones de galones producidos en las plantas con una capacidad anual que no exceda los 60 millones de galones. Históricamente los pequeños productores de etanol han sido beneficiados con este tipo de crédito impositivo. El crédito tiene un techo de US\$1,5 millones por año por productor. El crédito finaliza el 31 de diciembre del 2008.</p>	2008	www.ethanolrfa.org www.biodiésel.org

Fuente. Datos obtenidos de www.biodiésel.org

5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

El consumo de diésel en los Estados Unidos aumentó de 88,6 millones a 97,6 millones de barriles mensuales entre el 2004 y el 2006 y las importaciones de diésel a los Estados Unidos crecieron de 1 millón a 2,04 millones de barriles mensuales entre esos mismos años (información disponible en www.ftc.gov).

Cuadro 19.17. EE.UU. Consumo estimado por tipo de combustible en el período 2003-2006.

Tipo de combustible	Consumo (miles de litros)			
	2003	2004	2005	2006
Combustibles tradicionales				
Gasolina	61 384 655	62 724 114	62 923 694	63 569 156
Diésel	19 035 004	19 044 983	19 523 523	20 070 102
Combustibles alternativos				
Gas natural comprimido	60 428	72 077	75 695	78023
Electricidad	2 332	2 390	2 367	2 315
Etanol, 85% (E85)	11 964	14 325	17 270	19 977
Hidrógeno	1	4	11	19
Gas natural licuado	6 125	9 475	10 165	10 648
Gas de petróleo licuado	101 921	96 109	85 353	78 530
Otros	0	0	1	1
Subtotal	182 771	194 379	190 862	189 512
Biodiésel (c)	8 264	12 811	41571	118 209
Éter metil tert-butílico, (MTBE)	1 074 288	851 529	750 469	197 313
Etanol en gasohol	870 703	1 095.048	1 250.401	1 691 522
Total	2 136 027	2 153 767	2 233.303	2 196 556

Fuente: Datos obtenidos de www.eia.doe.gov

5.2. Posibilidades de incrementar la oferta de biodiésel

Hasta mayo del 2007, existían 148 compañías de biodiésel con una capacidad anual de producción de 1,39 miles de millones de galones por año (5262 millones de litros). Además, otras 96 compañías se encuentran construyendo plantas adicionales y esperan estar listas en 18 meses para producir 1,89 miles de millones de galones (7154 millones de litros) anuales adicionales. La capacidad sumada de las nuevas plantas y la expansión de las plantas existentes pueden asegurar una capacidad instalada para el final del 2008 de 3,3 miles de millones de galones o 12 492 millones de litros (información disponible en beag.ag.utk.edu).

1. Producción de biodiésel
 - 1.1. *Costos de producción de biodiésel*
2. La materia prima. Producción de aceite
 - 2.1. *Principales fuentes de aceite*
 - 2.1.1. *Copra*
 - 2.1.2. *Cártamo*
 - 2.1.3. *Algodón*
 - 2.1.4. *Soja*
 - 2.1.5. *Maní*
 - 2.1.6. *Ajonjolí*
 - 2.1.7. *Palma aceitera*
 - 2.2. *Costos de producción de la materia prima*
3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel
 - 3.1. *Institutos de investigación y desarrollo*
4. Políticas públicas y marco regulatorio
 - 4.1. *Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel*
 - 4.2. *Marco regulatorio*
5. Aspectos potenciales
 - 5.1. *Consumo de diésel*
 - 5.2. *Demanda estimada de biodiésel*
 - 5.3. *Posibilidades de incrementar la oferta de materia prima*

1. Producción de biodiésel

La Secretaría de Energía (SENER) ha comenzado a evaluar la posibilidad de desarrollar un programa de fomento al uso de biocombustibles como fuente de energía renovable, de manera que contribuyan a la diversificación del abasto de energéticos y a la reducción del consumo de carburantes fósiles, responsables de la generación de emisiones de gases con efecto invernadero. La intención es fomentar el uso de distintos biocombustibles líquidos, en especial el biodiésel y el bioetanol, elaborado a partir del bagazo de la cosecha de la caña de azúcar o del maíz.

Previo al diseño de un programa de fomento, se han realizado estudios de factibilidad necesarios para analizar el mercado nacional de los posibles insumos, así como la demanda potencial de dichos combustibles.

Como resultado de estos estudios, se ha determinado que la producción de biodiésel a escala comercial puede ser factible en México en el mediano plazo, de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico (SENER *et al.* 2006).

Se menciona en dicho estudio que:

“Para llegar a sustituir un 5% del diésel de petróleo en el país será necesario instalar 10 plantas industriales con capacidad de 100 000 t/año cada una o más de 140 plantas pequeñas con capacidad de 5000 t/año cada una. Para optimizar el suministro de los cultivos agrícolas y reducir el costo de distribución de biodiésel y sus subproductos, las plantas de producción deben instalarse en las cercanías de refinerías o de las plantas productores de aceites vegetales. Desde el punto de vista logístico, la mejor opción son plantas integradas de producción de aceites vegetales y biodiésel.

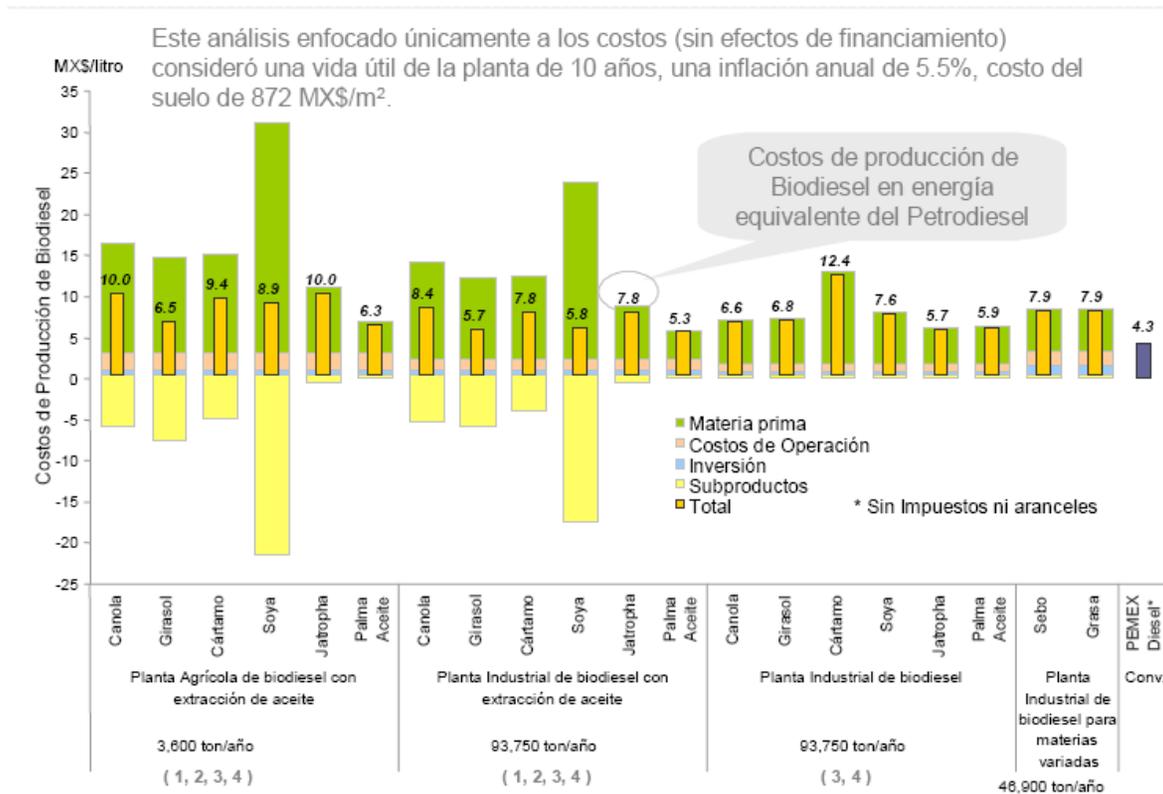
Las inversiones estimadas para llegar al escenario de 5% de biodiésel alcanzan \$3100 millones de pesos⁸³, puesto que cada planta industrial de gran escala tiene un costo unitario de \$311 millones de pesos. Aunque la producción de biodiésel estaría orientada al mercado nacional, el combustible podría también exportarse ocasionalmente a otros mercados como Europa o los Estados Unidos.”

1.1. Costos de producción de biodiésel

Los costos de producción del biodiésel tienen un rango de entre \$5,3 a \$12,4 pesos por litro equivalente, en función de la materia prima utilizada en el proceso productivo, conforme se puede apreciar en la Figura 20.1.

⁸³ Tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera pagaderas en la República Mexicana: \$10 9694 M.N., publicado en Diario Oficial del lunes 8 de mayo de 2006.
ftp://ftp2.sat.gob.mx/asistencia_servicio_ftp/publicaciones/legislacion06/tc20060508.doc

Figura 20.1. México. Costos de la producción de biodiésel.



Fuente: SENER *et al.* 2006.

Los cultivos más competitivos son la palma, girasol y soya. La *jatropha* es promisorio pero debe resolver el problema de posibles toxinas en la glicerina y otros subproductos generados en el proceso. Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiésel. En muchos casos, como la soya, estos costos dependen en gran medida de la posibilidad de vender los subproductos agrícolas.

2. La materia prima. Producción de aceite

El cultivo de oleaginosas está dirigido a la producción de aceite comestible.

México cuenta con más de 600 mil hectáreas cultivadas con cultivos oleaginosos, entre los que se incluyen coco (copra), soya, cártamo, algodón, girasol, cacahuate (maní), ajonjolí y palma. Estos cultivos conforman el Comité Nacional Sistema - Producto Oleaginosas.⁸⁴

⁸⁴ Programa Nacional de Producción de Oleaginosas 2007 - 2012. Panorama actual de producción de oleaginosas en el país. Disponible en http://www.oleaginosas.org/cat_105.shtml

Sin embargo, la industria aceitera en México depende en gran medida de las importaciones de oleaginosas para elaborar sus productos; a partir de esto, produce aceites que son utilizados por las industrias de alimentos y finalmente se distribuyen al consumidor final.

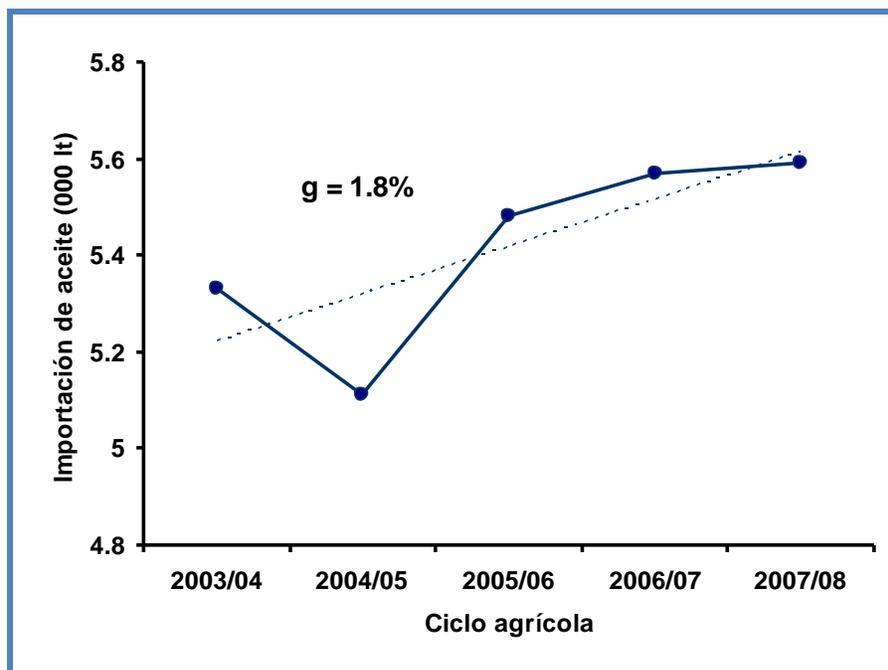
El país importa anualmente un poco más de 5 millones de litros de aceite vegetal (Cuadro 20.1), y la importación creció durante el período comprendido entre 2003-2004 y 2007/2008 a un ritmo anual de 1,8% (Figura 20.2).

Cuadro 20.1. México. Importaciones de aceite.

Año	Importaciones (miles de litros)
2003/04	5 330
2004/05	5 110
2005/06	5 480
2006/07	5 570
2007/08	5 590

Fuente: www.fas.usda.gov.

Figura 20.2. México. Crecimiento de la importación de aceite.



Fuente: www.fas.usda.gov

2.1. Principales fuentes de aceite

La producción de aceite en el país se basa en siete cultivos oleaginosos, que alcanzan una superficie total de cultivo de 563,2 miles de hectáreas (Cuadro 20.1), lo cual representa un 2,6% de la superficie total de cultivos registrados en México.

Cuadro 20.1. México. Superficie con los principales cultivos oleaginosos en el 2008.

Cultivo	Superficie cultivada (miles de ha)	Participación
Copra	136,3	24,2%
Algodón	104,8	18,6%
Soya	88,1	15,6%
Cártamo	88,0	15,6%
Ajonjolí	60,3	10,7%
Cacahuate	53,1	9,4%
Palma de aceite	32,5	5,8%
Total	563,2	100,0%

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

A continuación, los cuadros del 20.2 al 20.9 presentan estadísticas sobre la evolución de la superficie, producción y rendimiento agrícola de las principales fuentes de aceite vegetal en el país.

2.1.1. Copra

Cuadro 20.2. México. Evolución de la producción de copra en el período 2002–2008.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	168,5	159,4	1,26	201,5
2001	162,2	159,0	1,24	197,7
2002	161,6	158,5	1,28	202,9
2003	158,8	155,5	1,49	231,6
2004	155,6	152,9	1,47	224,7
2005	138,8	139,8	1,50	209,7
2006	138,4	135,5	1,50	203,9
2007	135,3	132,8	1,54	204,4
2008	136,3	133,8	1,70	228,0

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.2. Cártamo

Cuadro 20. 3. México. Evolución de la producción de cártamo en el período 2002-2008.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	115,3	84,7	1,14	96,4
2001	136,1	112,9	0,99	111,4
2002	82,2	52,9	1,00	52,9
2003	158,4	146,4	1,37	200,6
2004	224,0	211,8	1,09	230,9
2005	120,8	89,9	1,05	94,4
2006	96,5	69,9	1,05	73,5
2007	108,7	93,1	1,22	113,3
2008	88,0	65,4	1,46	95,8

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.3. Algodón

Cuadro 20.5. México. Evolución de la producción de algodón en el período 1995-2008.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	80,2	77,2	2,90	223,8
2001	91,9	88,5	3,13	276,8
2002	40,5	39,6	3,11	123,3
2003	62,9	60,6	3,46	209,6
2004	110,0	109,1	3,53	385,3
2005	129,5	128,2	3,13	401,0
2006	117,6	116,6	3,84	447,8
2007	111,6	108,7	3,48	378,9
2008	104,8	99,7	3,66	365,2

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.4. Soja

Cuadro 20. 6. México. Evolución de la producción de soja.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	77,4	70,0	1,5	102,3
2001	75,1	73,7	1,7	121,7
2002	60,2	56,5	1,5	86,5
2003	71,3	67,9	1,9	126,0
2004	96,4	88,8	1,5	133,3
2005	106,2	96,1	1,9	187,0
2006	78,1	54,2	1,5	81,1
2007	73,3	62,6	1,41	88,4
2008	88,1	75,8	2,02	153,0

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.5. Maní

Cuadro 20.7. México. Evolución de la producción de maní.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	92,7	91,8	1,55	142,2
2001	80,2	79,4	1,50	119,5
2002	64,0	62,0	1,20	74,6
2003	50,7	50,2	1,82	91,6
2004	67,2	65,5	1,51	98,9
2005	65,5	48,0	1,52	72,9
2006	45,7	44,9	1,52	68,2
2007	54,1	52,2	1,58	82,8
2008	53,1	52,0	1,55	80,7

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.6. Ajonjolí

Cuadro 20.8. México. Evolución de la producción de ajonjolí en el período 1995-2008.

Año	Superficie (miles de ha)		Rendimiento (t/ha)	Producción (miles de t)
	Cultivada	Cosechada		
2000	74,0	69,7	0,6	40,8
2001	75,0	70,9	0,6	42,9
2002	49,5	37,4	0,5	20,2
2003	58,3	55,6	0,6	31,0
2004	59,3	55,6	0,6	33,1
2005	60,8	37,7	0,5	20,4
2006	44,5	38,5	0,6	21,2
2007	50,9	48,2	0,6	29,0
2008	60,3	54,9	0,6	34,3

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.1.7. Palma aceitera

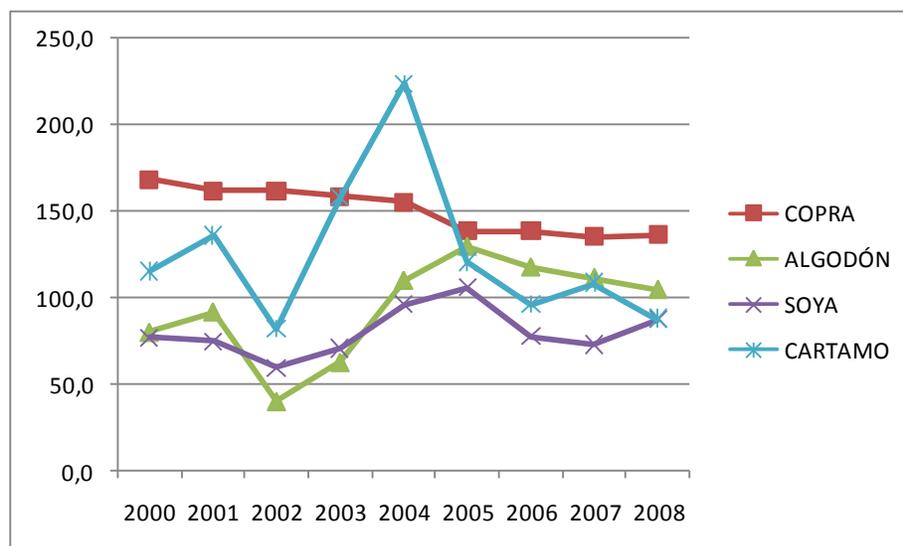
Cuadro 20.9. México. Evolución de la producción de palma aceitera 2000-2008.

Año	Superficie (miles de ha)		Producción (miles de t)	Rendimiento (t/ha)
	Cultivada	Cosechada		
2000	16,7	2,7	51,3	18,68
2001	18,7	6,9	135,7	19,71
2002	25,2	6,9	137,1	19,92
2003	29,2	13,6	217,1	16,01
2004	36,4	17,8	247,9	13,90
2005	33,3	18,4	219,3	11,93
2006	29,7	22,0	309,6	14,05
2007	30,0	23,8	292,5	12,29
2008	32,5	25,9	307,8	11,87

Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

La Figura 20.3 muestra la tendencia gráfica de los cuatro principales cultivos oleaginosos, que en conjunto representan por lo menos el 75% de la superficie cultivada: copra, algodón, soya y cártamo. De estos cultivos, únicamente el algodón y la soya han registrado una tendencia creciente de 3,4% y 1,6% en la tasa media de crecimiento anual, respectivamente, para el período comprendido entre el 2000 y el 2008.

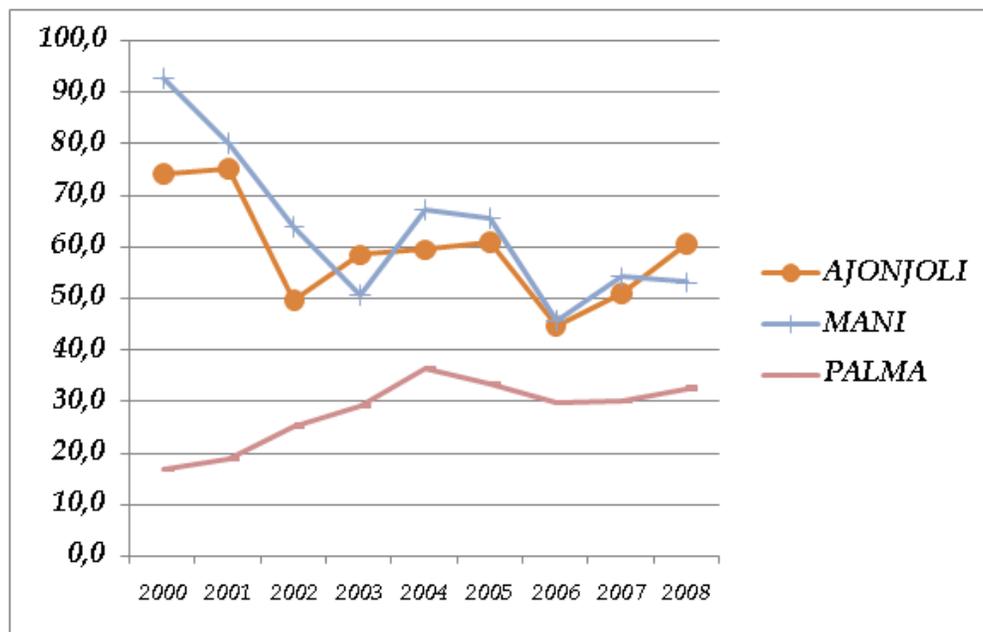
Figura 20.3. México. Evolución de la superficie cultivada con diferentes fuentes de aceite copra, algodón, soya y cártamos en el período 2000–2008 (miles de hectáreas).



Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

Los cultivos de ajonjolí y maní muestra tendencias decrecientes en el desempeño de la superficie de cultivos oleaginosos, exceptuando la palma aceitera, que ha incrementado la superficie de cultivo en un 8,7% en su tasa media de crecimiento anual, para el mismo período de observación, como se puede mostrar en la siguiente figura.

Figura 20.4. México. Evolución de la superficie cultivada con diferentes fuentes de aceite ajonjolí, maní y palma en el período 2000-2008 (miles de hectáreas).



Fuente: SIAP, disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

2.2. Costos de producción de la materia prima

Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiésel. En muchos casos, como la soya, estos costos dependen en gran medida de la posibilidad de vender los subproductos agrícolas.

De acuerdo con el estudio de precios de mercado para la evaluación económica del biodiésel, realizado para la SENER en el 2007, se lograron las siguientes estimaciones de costo promedio de la materia prima, asociados a aspectos de desempeño agroindustrial, conforme se muestra en el Cuadro 20.10.

Cuadro 20.10. México. Estimación de costos promedio de la materia prima en función del desempeño agroindustrial. 2007.

Cultivo	Rendimiento agrícola (t/ha)	Contenido de aceite (%)	Rangos de extracción (litros/ha)		Costo promedio (MX\$/t) ^{1/}
			Mecánica	Solventes	
Palma aceitera	14,8	22,0	2825	3390	560
Jatropha	2,0	35,0	533	730	1660
Girasol	1,7	37,5	513	665	2748
Canola	1,5	38,5	506	619	3380
Cártamo	1,1	35,0	315	409	2570
Frijol de soya	1,6	17,0	202	289	2680

Nota: 1/ Tipo de cambio MX\$10,90 / US\$1,00

Fuente: SENER *et al.* 2006.

3. El sistema de innovación relacionado con la producción de biodiésel

3.1. Institutos de investigación y desarrollo

Por lo menos cuatro grandes instituciones investigan y desarrollan temas relacionados directamente con el biodiésel o con el complejo oleaginoso. Ellas son:

- INIFAP (www.inifap.gob.mx).
- La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (www.uaaan.mx).
- La Universidad Autónoma Chapingo (www.chapingo.mx).
- La Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (www.sagarpa.gob.mx).

En el Cuadro 20.11 se listan algunas otras instituciones y proyectos relacionados con la producción de biodiésel. También existen múltiples emprendimientos privados que buscan inversionistas para la producción de biodiésel con base en cultivos alternativos como la jojoba y la *Jatropha*.

Cuadro 20.11. México. Instituciones y proyectos de investigación.

Institución o empresa	Fecha y descripción	Fuente
Universidad Autónoma de Chiapas	Los investigadores de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Chiapas, México, descubrieron un tipo de combustible que no produce contaminantes, tiene un costo muy económico y un alto rendimiento (noviembre del 2006).	www.teorema.com.mx Consultado 9 de julio del 2008
BID GTZ solicitado por SENER (Secretaría de Energía de México)	Viabilidad del uso de bioetanol y biodiésel para el transporte en México, D.F., México (noviembre 2006).	www.sener.gob.mx Consultado 9 de julio del 2008
Universidad Vasconcelos, en Oaxaca	Primer <i>batch</i> (tubería de refinación) y cuatro días después se produjeron los primeros 155 litros de biodiésel en México, con materia prima que se recolecta de restaurantes de la ciudad. Actualmente el biodiésel está siendo probado en el autobús de la universidad en mezcla al 20%, sin que se haya presentado algún problema (octubre del 2004).	www.biodiésel-uruguay.com Consultado 9 de julio del 2008
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)	Planta de higuierilla de combustible para aviones. Investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) lograron la adaptación de cinco variedades de la planta higuierilla de la que se extrae el aceite de ricino, que puede emplearse para la elaboración de biodiésel como combustible para aviones (agosto del 2008).	www.elmanana.com.mx Consultado 9 de julio del 2008

<i>Bodiesel Industries Inc.</i>	Potencial de <i>Jatropha</i> en México para la producción de biodiésel. Cuatro variedades de semilla fueron importadas desde la India para una operación especial en México por la industria biodiésel Inc. USA. Fueron plantadas en invernaderos en México. Las medidas de propagación excedieron el 70% (octubre del 2007).	www.glo.state.tx.us Consultado 9 de julio del 2008
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.	Análisis químico-físico de las semillas de <i>Jatropha</i> no tóxicas.	www.ciad.edu.mx

Otras iniciativas públicas y privadas en torno al desarrollo del biodiésel se muestran en el Cuadro 20.12.

Cuadro 20.12. México. Proyectos para la producción de insumos bioenergéticos.

Localización	Iniciativa	Tipo de Biomasa	Producción (millones de litros/año)
Chiapas	Impulsa el Gobierno del Estado, junto al Instituto de Bioenergéticos y Energías Alternativas.	<i>Jatropha</i> e higuerilla	ND
Colima	Impulsa el Gobierno del Estado.	<i>Jatropha</i>	17,5
Michoacán	Bioenergex de México, S.A. de C.V. Jorge Terrones López.	<i>Jatropha</i> e higuerilla	ND
Michoacán	<i>Jatro BioFuels</i> Dr. Christoph Weber	<i>Jatropha</i>	ND
Morelos	Carlos Camacho Gaos, director general PETRIUM S.C.	<i>Jatropha</i>	ND
Oaxaca	Impulsa el Gobierno del Estado.	<i>Jatropha</i>	ND
Puebla	José Luis Coutyolenc y Gabriel Hinojosa.	Pongamia y <i>Jatropha</i>	ND
Sinaloa	<i>BioD Sinaloa, Biodiésel Industries, INC. Delawer Corporation C. Russell Teall.</i>	<i>Jatropha</i>	12,0
Sonora	<i>Seawater Foundation. HT Circuit y Carl Hodges de Seawater Foundation.</i>	Salicornia bigelovvi	2,5
Yucatán	Grupo KUO operan bajo la empresa Kuosol, S.A. de C.V., José Luis Pérez Fernández.	<i>Jatropha</i>	200,0
Veracruz	Palmicultores del Campo S.P.R. de R.L. Gloria Flores Vidal.	Palma de aceite	150,0
ND	Robert Constantini y Antonio Echeverría <i>The Avery Group.</i>	Algas	8,176

Fuente: Zamarripa 2009.

4. Políticas públicas y marco regulatorio

4.1. Políticas públicas de apoyo a la producción de biodiésel

Una muestra de la voluntad política del gobierno mexicano es que se haya autorizado, dentro del presupuesto de egresos para el ejercicio fiscal 2008, un gasto de 300 millones de pesos para el rubro de bioenergía y fuentes alternativas (Diario oficial de la Federación del 13 de diciembre del 2007).

Adicionalmente, el pasado 1 de febrero del 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.⁸⁵

La ley pone énfasis en la necesidad de buscar nuevas alternativas energéticas ante la inminente escasez de los hidrocarburos fósiles en el mundo:

“El objeto de la ley es promover la producción de los bioenergéticos, especialmente etanol para complementar la gasolina, y el biodiésel para adicionarlo al diésel. Para lograrlo, es indispensable la producción de materias primas en el campo de México, a partir de la biomasa, que se obtiene de la materia orgánica de las actividades agrícolas, pecuaria, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca”.

Finalmente, el 7 de mayo del 2008 el Secretario de Agricultura presentó el Programa de Producción Sustentable de Insumos para los Bioenergéticos y lanzó la convocatoria para recibir todas las aportaciones que contribuyan a la elaboración de lo que será el reglamento de la ley en la materia.

En el contexto general de política nacional, dicho programa se sustentará en los siguientes criterios:

1. Fortalecer la matriz de alimentos de manera que la producción de bioenergéticos no la alteren.
2. Aprovechar áreas con potencial y que actualmente están subutilizadas y con altos grados de marginación, en congruencia con la política presidencial de vivir mejor.
3. Cuidar que no se derriben selvas o bosques para favorecer la producción de biocombustibles.
4. Acelerar la investigación y la transferencia de tecnología, verifica en campo con programas piloto para encontrar los mejores cultivos, variedades y genéticas para esta línea de producción.
5. Apostar a la productividad para incrementar la producción de alimentos en el país y depender menos del exterior.
6. Buscar los mejores modelos de asociación entre actores de la cadena completa de biocombustibles.

⁸⁵ Texto de la ley disponible en el sitio www.conae.gob.mx

7. Cuidar a su máxima expresión que la matriz final de emisiones sea positiva.
8. Seguir reforzando la integración coordinada y comprometida entre las dependencias involucradas en este proyecto, gracias a lo cual cada quien está realizando con especial interés y sincronía la parte que le corresponde.
9. Iniciar este programa, con nuevos arreglos en cada línea de producción.
10. Intensificar las pruebas piloto en los siguientes meses para afinar costos y variables por controlar.

El desarrollo de la industria de biocombustibles busca fomentar la seguridad energética al diversificar las fuentes de energía, sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país.

Con el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, se asegura coordinar los esfuerzos y recursos que gradualmente permitan articular acciones a través de la implementación del Programa de Introducción de Bioenergéticos. Esto propiciará un desarrollo tecnológico que permita identificar las zonas donde es viable la producción de biomasa y donde se consideren las de más alta prioridad y muy alta marginalidad.

4.2. Marco regulatorio

En términos de legislaciones y regulaciones aplicables al mercado energético mexicano, se pueden citar las siguientes:

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS).
- Ley del IVA.
- Ley de Energía para el Campo.
- Proyecto de Decreto de la Ley para el Desarrollo y Promoción de Bioenergéticos.
- NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.

Estas regulaciones tendrían alcance sobre el desarrollo de los bioenergéticos. Por lo tanto, será necesario efectuar un análisis más profundo de las modificaciones que se requerirán en las leyes del IEPS, IVA y del proyecto de bioenergéticos, para lograr la viabilidad del empleo de biodiésel.

En este contexto, habría que determinar los apoyos para las inversiones en infraestructura de producción, almacenamiento y distribución, así como los impactos en los costos de adquisición y los productos finales.

5. Aspectos potenciales

5.1. Consumo de diésel

El diésel representa el 15,1% del consumo final energético de México. Su consumo diario creció entre el 2000 y el 2006 a una tasa anual del 3,8% y alcanzó ese último año casi 330 mil barriles por día (Cuadro 20.13). El consumo promedio diario de diésel durante ese período fue de 298,900 barriles/día, cifra que multiplicada por 365 días muestra un consumo medio anual para el período de 109,1 millones de barriles por año.

Cuadro 20.13. Consumo diario de diésel en México.

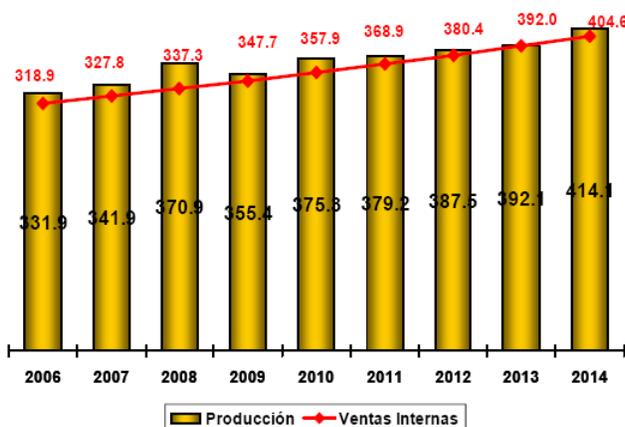
Año	Consumo (miles de barriles / día)
2000	265,4
2001	281,6
2002	266,9
2003	307,8
2004	324,7
2005	318,2
2006	328,1

Fuente: Informes anuales y estadísticos de refinación y petroquímica, Petróleos Mexicanos (PEMEX).

Según los resultados del estudio “Prospectiva de petrolíferos 2005-2014” llevado a cabo por la SENER, se pronostica que al final del período se presente un incremento del 20% de la demanda. Los principales combustibles de la demanda nacional son las gasolinas, el combustóleo y el diésel. Se prevé que el procesamiento del crudo crezca en un 34,5%.

Se espera que las proyecciones de crecimiento de oferta y demanda de diésel tengan un promedio anual de 2,8% y 3,0%, conforme se muestra en la Figura 20.5.

Figura 20.5. México. Pronóstico de oferta y demanda de diésel en el período 2006-2014 (miles de barriles / día).

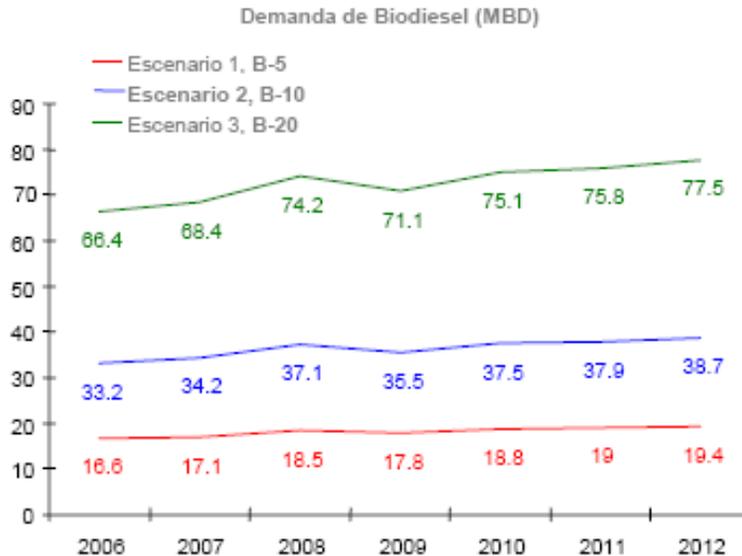


Fuente: PEMEX refinación, subdirección de planeación, coordinación y evaluación.

5.2. Demanda estimada de biodiésel

La demanda esperada de biodiésel ha sido derivada a partir de la producción pronosticada para el diésel en el estudio “Prospectiva de petrolíferos 2005-2014” y de los escenarios de mezcla de biodiésel, como se ilustra en la Figura 20.6.

Figura 20.6. Demanda de biodiésel para los escenarios propuestos de mezcla (millones de barriles por día).



Fuente: Información estimada como datos de PEMEX Refinación, Subdirección de Planeación, Coordinación y Evaluación.

5.3. Posibilidades de incrementar la oferta de materia prima

La producción de biocombustibles continuará en incremento debido a diversos factores que la impulsan:

- Demanda mundial en constante crecimiento.
- Impulso al desarrollo regional.
- Seguridad energética (ahorro de petróleo).
- Contribución para reducir emisiones contaminantes.

México cuenta con diversidad genética, climática y edáfica para la producción sostenible y competitiva de especies bioenergéticas. Se dispone de especies que no compiten directamente con la producción de alimentos considerados en la canasta básica de México.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFIAP), existen zonas agrícolas para cultivar oleaginosas. Alrededor de 2,5 millones de hectáreas, con potencial para el cultivo de palma aceitera en Chiapas, Oaxaca, Campeche, Guerrero, Michoacán, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.

Las regiones de buena lluvia para propósitos agrícolas coinciden en los siguientes estados: Tabasco, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Morelos, Chiapas, Colima, Campeche, México. Las regiones donde la agricultura solamente es próspera por el riego, se encuentran en Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro y Puebla.

En el Cuadro 20.14 y la Figura 20.7 se muestran los cultivos potenciales para la producción de biodiésel en México, como la palma de aceite, el piñón y el frijol de soya.

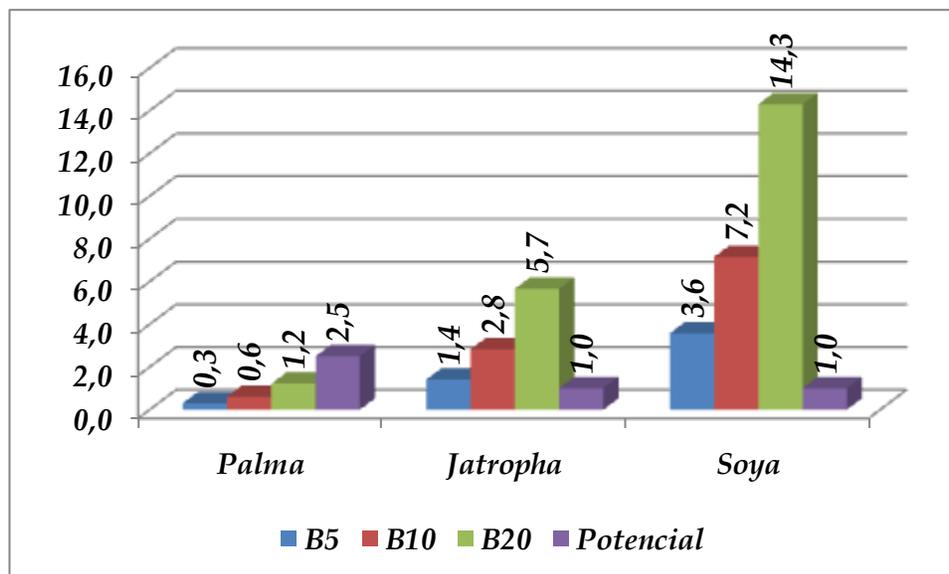
Cuadro 20.14. México. Cultivos potenciales para la producción de biodiésel.

Cultivos	Regiones	Tecnología de agua ^{1/}	Rendimiento agrícola (t/ ha)
Palma de aceite	Pacífico Sur (Soconusco, Chiapas).	No disponible	14,8
<i>Jatropha curcas</i> (Piñón)	Peninsular y Golfo Norte (Zona henequenera de Yucatán y San Fernando).	Temporal	2,0
Frijol de soya	Huasteca (Tamaulipas, Norte de Veracruz y San Luis Potosí).	Temporal	1,6

Nota: 1/ Se refiere a la clasificación de disponibilidad de agua con base en su origen: Lluvia (temporal). Riego: presa, pozo, río, laguna.

Fuente: SENER *et al.* 2006.

Figura 20.7. México. Superficie requerida para la producción de biodiésel al 2014 a partir de diferentes cultivos (millones de hectáreas).



Fuente: SENER *et al.* 2006.

Literatura citada y consultada

Agriculture and Agri-Food. 2006a. *Crop Profile for Soybean in Canada* (en línea). Ottawa, Ontario. CA. Consultado 10 abr. 2008. Disponible en http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/collection_2009/agr/A118-10-25-2006E.pdf

_____. 2006b. Biodiésel, *Bi-Weekly Bulletin*. 19(15):2.

Ajila, VH; Chiliquina, B. 2007. Análisis de legislación sobre biocombustibles en América Latina. Artículos técnicos. Quito, EC, OLADE.

Albán, MA. 2007. El biodiésel de palma en el Ecuador y los criterios de sostenibilidad relacionados (Ponencia) (en línea). En Foro de biocombustibles como energía alternativa. Quito, EC, CEDA. Consultado 25 ene. 2010. Disponible en: <http://www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/MESA%20REDONDA/Amparo%20Alban.pdf>

Alazraki, E. 2006. Biodiésel los pioneros que se adelantan a la crisis. *Diario El Observador*. Feb 2:13 Disponible en <http://www.iica.org.uy/data/documentos/314826.pdf>

Albán, MA. 2007. El biodiésel de palma en el Ecuador y los criterios de sostenibilidad relacionados. En Conferencia CEDA. Foro de Biocombustibles como energía alternativa. Disponible en www.ceda.org.ec/ contenidos (Presentación Power point).

Alfaro, M. 2006. Programa nacional de palma aceitera. CR, MAG.

Alianza País. 2006. Plan de Gobierno del Movimiento País 2007 - 2011, EC.

ANAPO (Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo). 2005. Memoria Anual Santa Cruz - Bolivia.

_____. 2002. Memoria Anual, Anuario Estadístico. Informe de precios y mercados_CD. Santa Cruz - Bolivia.

ANCUPA (Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana); FEDEPAL (Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional). 2006. Biodiésel: el nuevo mercado del aceite de palma.

Andrade, P. 2007. Perspectivas Empresariales sobre Biocombustibles. En Conferencia con La FABRIL. Foro de Biocombustibles como energía alternativa. Disponible en www.ceda.org.ec/ contenidos (Presentación Power point).

Arias Leiva, AF. 2007. Los biocombustibles en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. En: Reunión de Ministros Plan Puebla Panamá. CO.

Barba Moscoso, M. 2007a. Producción de Biodiésel: Una oportunidad para Bolivia. CAINCO, IBCE.

_____. 2007b. Producción de Biodiésel: Una oportunidad para Bolivia. Foro ¿Por qué Bolivia debería apostar a los biocombustibles?. La Paz, presentación powerpoint.

Barquero, SM. 2007. Grupo Numar invierte en producción de biodiésel (en línea). La Nación. San José, CR. Consultado 7 set. Disponible en http://www.nacion.com/ln_ee/2007/septiembre/07/economia1230879.html

Biodiésel Spain. Disponible en www.biodiéselspain.com/2007/06/05/el-pinon-nombre-comun-de-jatrofa-una-alternativa-para-producir-biodiésel/

Biodiésel Uruguay. sf. EcoDiésel: la mayor planta productora de biodiésel del Uruguay". web biodiésel-uruguay. Disponible en http://www.biodiésel-uruguay.com/biodiésel_planta_productora.php

Biodiésel 2020. A Global Market Survey. 2nd Edition. Disponible en <http://www.emerging-markets.com/biodiésel/>

Brenes, E.R; Madrigal, K; Montenegro, D. 2001. El cluster de la soya en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. PAC - INCAE, Documentos de Trabajo - CAF.

BCRD (Banco Central de la República Dominicana). 2009. Datos de importaciones de petróleo y derivados, 1994 - 2009 (en línea). Santo Domingo, DO. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en http://www.bancentral.gov.do/estadisticas_economicas/sector_externo/importaciones_c_rudo.xls

CADEX (Cámara de Exportadores de Santa Cruz); Montenegro, D. 2005. Caracterización y análisis de la competitividad de la cadena de oleaginosas en Bolivia. (Diapositivas). En Outlook del Cono Sur. Buenos Aires, AR.

Canadian International Grains Institute. 2008. *Biodiésel Short Courses and Demonstrations*. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://www.cigi.ca/Biodiéselshort.htm>

Canola Council of Canada. 2006a. *Economic Impact Study for Canola-Based Biodiésel Industry in Canada* (en línea). Report prepared by BBI Biofuels CA: Bradley A. Saville. Consultado 10 abr. 2008. Disponible en http://www.canola-council.org/ccr_biodiésel_reports.aspx

_____. 2006b. *Three potential sources for increased canola oil production in the Canadian prairies to meet the needs of biodiésel demand* (en línea). Ed. Mark Goodwin. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en http://www.canola-council.org/uploads/biodiésel/Final%20Report-Canola_Oil_Feedstock_for_Biodiésel.pdf

Castro, P; Coello, J; Castillo, L. 2004. Informe final del proyecto. Producción de biodiésel a pequeña escala a partir de recursos oleaginosos amazónicos. PE.

_____. 2007. Opciones para la producción de biodiésel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas-ITDG. 173 p.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, de la Universidad Don Bosco, SV). 2009. Situación actual de biocombustibles en El Salvador (Ponencia). En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Chiapas, MX.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2004. Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central (en línea). Ed. Luiz Augusto Horta Nogueira para la unidad de energía de la sede subregional de la CEPAL en MX, LC/MX/L.606. Consultado 20 ene. 2010. 98 p. Disponible en

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/14459/L606-1.pdf>

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/14459/L606-2.pdf>

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/14459/L606-3.pdf>

_____. 2007a. Perspectivas de biodiésel en Honduras, Citado por: Estudio de mercado del biodiésel en El Salvador, Honduras y Nicaragua, realizado por el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV/ WBCSD. 2009.

_____. 2007b. Perspectivas para el biodiésel en Centroamérica: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras (en línea). MX. Ed. WL Ribeiro Gallo. LC/MEX/L.791 201. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/29423/L791-1.pdf>

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/29423/L791-2.pdf>

<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/3/29423/L791-3.pdf>

_____. 2007c. Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. Santiago, CL, Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo y Empresarial. (Serie desarrollo productivo 181).

_____. 2008. Istmo Centroamericano: Estadísticas de Hidrocarburos, 2007 (en línea). MX. Ed. Unidad de energía y recursos naturales de la sede subregional de la CEPAL en México LC/MEX/L. 882, 67 p. Disponible en <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/34314/L882.pdf>

Chepote, J. 2007a. Canola: Una alternativa real como biocombustible. Presentación en el I Congreso sobre Biocombustibles y Energías Renovables. Lima, PE: UNALM.

_____. 2007b. Canola: Una alternativa real como biocombustible. Presentación en el I Congreso sobre Biocombustibles y Energías Renovables. Lima, PE: UNALM. Dirección Regional de Agricultura Cusco.

Chiliquinga, B. 2007. Panorama Regional energético y marco regulatorio sobre biocombustibles. En Conferencia con OLADE. Foro de Biocombustibles como energía alternativa. Disponible en www.ceda.org.ec/contenidos (Presentación Power point).

Cisneros, F. s.f. Es segura la extracción de las reservas del petróleo. Revista capital.

CEPES. 2004. Palma aceitera, posibilidad en la selva. La Revista Agraria. Lima, PE. Disponible en <http://www.cepes.org.pe/revista/r-agra54/tecn-01.htm> (accedido 07/05/2007). no. 54.

CNE (Comisión Nacional de Energía, DO). 2008. Energía y combustibles: análisis y estrategias: shock petrolero y su impacto en la economía dominicana. Santo Domingo, DO. 398 p.

Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. 2007. Programa Nacional de Producción de Oleaginosas 2007 - 2012. Panorama actual de producción de oleaginosas en el país (en línea). Consultado 20 nov. 2009. Disponible en http://www.oleaginosas.org/cargas/inf_boletin_mayo-jun_y_jul-ags_07.pdf

Comisión Nacional de Biocombustibles. 2007. Informe final de la subcomisión de identificación de capacidades de producción. CR. s.p.

CNE (Comisión Nacional de Energía). 2008a. Estudio marco normativo y de los procedimientos que se deben cumplir en la cadena de producción - consumo de los biocombustibles, para el inicio y desarrollo de sus actividades dentro de la República de Chile. Informe final. Santiago, CL. Consultado 13 mar. Disponible en http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/texto5.pdf

_____. 2008b. Estadísticas sector energía Chile. Disponible en http://anuario.cne.cl/anuario/balance/php_balance-01.php

_____. Empresa Nacional de Petróleo. 2008. Venta de combustibles derivados de petróleo. Disponible en http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/06_Estadisticas/Documentos/hidrocarburos/Venta_mensual_combustibles.zip

CONAB (Compañía Nacional de Abastecimiento). 2009. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento. Anuario estadístico de agroenergía.

CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social). 2007. Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano (en línea). Bogotá, CO, Ed. Departamento Nacional de Planeación. Consultado 21 ene. 2009. 44 p. Disponible en <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3477.pdf>

_____. 2008. Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia (en línea). Bogotá, CO, Ed. Departamento Nacional de Planeación. Consultado 21 ene. 2009. 44 p. Disponible en <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3510.pdf>

Cooperativas Agrarias Federadas. 2008. BIOGRAN: una forma de asociación diferente. Consultado 23 mayo 2008. Disponible en http://www.caf.org.uy/BIOGRAN-una-forma-de-asociacion?id_document=1290

Dabdoud, M. 2005. Transesterificación de aceites vegetales utilizando etanol. (Diapositivas). Universidad de San Paulo, Campus de Ribeirão Preto.

Department of Agricultural Economics; The University of Tennessee. 2007. U.S. and Tennessee Biodiésel Production - 2007 Industry Update. Disponible en <http://beag.ag.utk.edu/pp/Biodiésefeasibility2007.pdf>

Dietze, R; Rodríguez Alcalá, R. 2009. Política de regulación de mercado y políticas de mejora en las relaciones contractuales del bio-combustible. En: Seminario Internacional Implicaciones de las políticas públicas sobre biocombustibles, en la seguridad alimentaria de Argentina, Colombia y Paraguay. Cartagena de Indias. 13 ago.

Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. 2010. Ministerio de Industria, Energía y Minas. Hidrocarburos: Base de datos (en línea). Montevideo, UY. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en <http://www.miem.gub.uy/portal/hgcpp001?5,6,245,O,S,0,MNU;E;72;3;MNU>

Vera Díaz, JC. 2009. Experiencias en el desarrollo del Programa Nacional de Biocombustibles - retos, perspectivas y oportunidades. Bogotá, CO.

ECOSOC (UN Economic and Social Council). 2008. *High level segment. Biodiésel for rural development: lessons from Guatemala on how to increase livelihoods for the poor.* Disponible en http://www.un.org/ecosoc/docs/statement08/Lionel_Lopez.pdf

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). s.f. Visão estratégica de uso de palmáceas para bioenergía e ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Agroenergía.

ERGAL (Energía Renovable para Galápagos); DED (Servicio Alemán de Cooperación Social, Técnica); UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2007. Sustitución de diésel fósil por biocombustibles en la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana. Disponible en http://ecuador.ded.de/cipp/ded/lib/all/lob/return_download,ticket,g_u_e_s_t/bid,3492/check_table,it_chap_downl_embed/~Energia_renovable_para_Galapagos.pdf.

ERGAL (Energías Renovables para las Islas Galápagos); DED (Servicio Alemán de Cooperación Social, Técnica DED Ecuador); UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2008. Sustitución de diésel fósil por biocombustibles en la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana. Estudio de factibilidad (en línea). Quito, EC. Consultado 25 ene. 2010. Disponible en http://ecuador.ded.de/cipp/ded/lib/all/lob/return_download,ticket,g_u_e_s_t/bid,3492/check_table,it_chap_downl_embed/~Energia_renovable_para_Galapagos.pdf

Escobar, R; Peralta, F. 2008. Avances en la investigación en palma africana y su potencial para la producción de biocombustible. Agricultural Services & Development. CR.

Falasca, S; Ulberich, A. 2006. Cultivos alternativos para la producción de biocombustibles en el área semiárida argentina. Revista Geográfica del IPGH. MX: Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 140:135-150.

_____. 2007. Potencial de Argentina para la producción de tártago (*Ricinus communis* var *communis*) (en línea). Universidad Nacional del Centro. Consultado 21 ene. 2010. Disponible en http://www.biodiésel.com.ar/download/Ricino_BiodieselArgentinaWeb.pdf

_____; Bernabé MA, Ulberich, A. 2005. Impacto regional en la zona semiárida argentina implantando cultivos para biodiésel.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. Asistencia para la preparación del Plan Nacional de desarrollo del biodiésel a partir del aceite de palma. Informe final. Elaborado para la Comisión Nacional de Biocombustibles.

Fernández Zucco, A. 2008. Secretario de estado y presidente de la CNE. Semana internacional de la energía. Sesión de apertura de la primera semana internacional de energía. SEIDE. Santo Domingo, DO. Disponible en <http://www.cne.gov.do/Download.asp?key=120>

FEDEPALMA (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite). 2009. Economía y mercados. Costos de producción. Disponible en http://www.fedepalma.org/eco_competitividad.shtm#zonas

FEDETA (Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada). 2006. Energías Alternativas renovables. FEDETA. Quito, EC. 133 p.

FONAM (Fondo Nacional del Ambiente). 2007. *Project Portfolio Summary Energy*. CDM in Perú. Lima, PE: FONAM. 4 p.

_____. Biodiésel. Una perspectiva empresarial. Ponencia de Percival Andrade, La Fabril (en línea). Ed. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA). Consultado 25 ene. 2010. Disponible en <http://www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/3%20PANEL/Percival%20Andrade.pdf>

_____. Sinergia petróleo biocombustibles. Ponencia de Mauro González Ministerio de Minas y Petróleos (en línea). Ed. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA). Consultado 25 ene. 2010. Disponible en <http://www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/3%20PANEL/Mauro%20Gonzalez.pdf>

_____. El marco regulatorio de los biocombustibles en América Latina y el Caribe: Ponencia de Byron Chiliquinga. OLADE (en línea). Ed. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA). Consultado 25 ene. 2010. Disponible en <http://www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/4%20PANEL/Byron%20Chiliquinga.pdf>

Foro Nacional Ambiental Estado del arte de la discusión sobre biocombustibles en Colombia. 2009. Ponencia: El sector palmero y los biocombustibles en Colombia realidades y perspectivas. Jens Mesa Dishington. Presidente Ejecutivo FEDEPALMA. Bogotá, CO.

Fundación Milenio. 2007. Informe de Milenio sobre la Economía en el año 2006. no. 22.

Gabinete Ministerial; Unidad de Bioenergía de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2007. Contribución de la política agraria al desarrollo de los biocombustibles en Chile. Disponible en http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Politica_Agraria_Biocombustibles.pdf

Ganduglia, F. 2008. Diagnóstico y estrategias para el desarrollo de los biocombustibles en Argentina. En Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura Argentina. Buenos Aires, AR, CARI-FAO-IICA.

Gamio, P. 2007. Cambio de matriz energética y desarrollo sostenible objetivos de política de estado. Lima, PE. Ministerio de Energía y Minas.

González, M. 2007. Programa Nacional de Biocombustibles. (Diapositivas). En Conferencia con el Ministerio de Energía y Minas de EC. Foro de Biocombustibles como energía alternativa. Disponible en www.ceda.org.ec/contenidos.

Goodwin, M. 2006. Three potential sources for increased canola oil production in the Canadian prairies to meet the needs of biodiésel demand, prepared for the Canola Council of Canada. 16 p.

Government of Canada. 2008. *EcoAction: An Action Plan to reduce green gas emissions and air pollution (en línea)*. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://www.ecoaction.gc.ca/turning-virage/index-eng.cfm>

Guchin, N. 2008. Proyectos de biocombustibles de ANCAP. Comisión de Biocombustibles, ANCAP.

Gutiérrez, T. 2009. Principales proyectos de biocombustibles (Ponencia). En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Chiapas, MX. Ministerio de Energía y Minas (MEM), Gobierno de Nicaragua y del Centro de Investigación Forestal, Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN). Chiapas, MX.

_____. 2009. Situación de los biocombustibles en Panamá (Ponencia). En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Chiapas, MX. Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Horta Nogueira, LA. 2004. Perspectivas de un Programa de Biocombustibles en América Central. Unidad de Energía, Sede Subregional, CEPAL. MX/L.606. 57-60 p.

Iglesias Casanueva, R. 2008a. Nuevas fuentes de energía, biocombustibles. ¿La solución energética del futuro? Unidad de Bioenergía. ODEPA. Ministerio de Agricultura, Santiago, CL. Disponible en www.faceaucentral.cl/pps/biocombustibles_odepa.ppt

_____. 2008b. Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿tienen sentido? ODEPA, Ministerio de Agricultura. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2106.pdf>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. El Estado del Arte de los Biocombustibles en el Paraguay (en línea). Asunción, PY. IICA. Consultado 25 ene. 2010. 83 p. Disponible en <http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/repiica/B0389e/B0389e.pdf>

_____. 2007b. El Estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Documento de trabajo no 2. Asunción, PY.

_____; CAS (Consejo Agropecuario del Sur); REDPA (Red de Coordinación de Políticas Agropecuarias). 2009. El mercado de la soja en los países del Consejo Agropecuario del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay. Grupo Técnico n.º 2. Sistema de Información de Mercados y Pronósticos de Cosecha. Montevideo, UY. Consultado ago. 2009. Disponible en <http://www.iica.org.uy/casonline/verinforme.asp?id=526>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). s.f. Síntesis de Producción Agropecuaria. Año agrícola 2006-2007. Dirección de Censo y Estadísticas Agropecuarias. Asunción, PY.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, CR). 2008. Mapa aptitud de uso de los suelos para palma aceitera. San José, CR. Departamento de Servicios Técnicos. Esc. 1:200000; 1:50000. Color.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2010. Biocombustibles: Cálculo de la superficie mínima necesaria para cubrir la cuota del 5% de corte para el 2010 (en línea). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Buenos Aires. Consultado 21 ene. 2010. Disponible en www.inta.gov.ar/actual/info/biocombustible.pdf

Jacome, C. 2006. Oportunidades de la biomasa en el sector de generación eléctrica en EC. Ministerio de Energía y Minas.

Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2007. El Gobierno debe definir claramente la política de biocombustibles. IBCE E-874-2007. Nota de prensa.

_____. 2007. Publicación Informativa Comercio Exterior. Santa Cruz de la Sierra, no. 153.

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. Reunión-Taller Energía renovable para el desarrollo rural en Costa Rica (10 jun. 2009, Moravia, San José, CR). ALIARSE.

Instituto Nacional de Estadística. 2005. Bolivia Atlas Estadístico de Municipios 2005. PNUD.

Johnston, M; Foley, JA; Holloway, T; Kucharik, C; Monfreda, C. 2009. *Resetting global expectations from agricultural biofuels* (en línea). Environmental Research Letters. no. 4. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/1/014004/erl9_1_014004.pdf?request-id=f7eaac1d-97fb-4eee-bf7d-5e47648f07ea

Jördens, RD. 2007. Piñón, *Jatropha curcas* y su potencial como planta energética para Perú. Presentación en el I Congreso sobre Biocombustibles y Energías Renovables. Lima, PE. UNALM.

Khan, F; Mejía, K. s.f. Las comunidades de palmeras en los ecosistemas forestales inundables de la Amazonía Peruana.

Kreidler, A; Rodríguez, G; Rocha, A; Antelo, E. 2004. La Soya Boliviana hacia el Mercado Libre de las Américas. BCCN-USAID. Bolivia, Economic Opportunities Office. La Paz, BO.

Ley No. 3207. Producción de biodiésel. Septiembre 2005.

Lobato, V. 2006. El Estado debería fomentar la producción y consumo de biodiésel. Diario El Observador. Disponible en <http://www.iica.org.uy/data/documentos/288642.pdf>.

Lognay, G; Trevejo, E; Jordan, E; Marlier, M; Severin, M; Zárate, O. eds. 1987. Investigaciones sobre el aceite de *Mauritia flexuosa* L. Grasas y aceites. 38(5):303-307.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). s.f. Biblioteca digital: Higuerilla. CR. Disponible en <http://www.mag.go.cr/>.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR); MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, CR). 2009. Decreto Ejecutivo, MAG-MINAET. no. 35091.

Reglamento Biocombustibles. La Gaceta no. 53. San José, CR, 17:10-12. Disponible en http://historico.gaceta.go.cr/pub/2009/03/17/COMP_17_03_2009.pdf

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, NI). 1997. El Tempate una planta silvestre utilizada como cerca viva y medicina natural, se convierte en una alternativa de combustible natural. Agricultura y Desarrollo. Managua, NI. no. 31.

Manzano, R. 2007. Síntesis de Biocombustible a partir de aceite rojo de palma. Palmar del Río. Programa de desarrollo de biocombustibles. 20 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2006. Programa Nacional de Biocombustibles. Presentación.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2007. Síntesis de Producción Agropecuaria. Año agrícola 2006-2007. Dirección de Censo y Estadísticas Agropecuarias. Asunción, PY.

MAPA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento). 2009. Anuário Estadístico de Agroenergía (en línea). Ed. Secretaría de Producto y Agroenergía. Departamento de Caña-de-azúcar y Agroenergía. Brasília, DF. Consultado 25 ene. 2010. Disponible en http://www.agricultura.gov.br/images/MAPA/arquivos_portal/anuario_cana.pdf

MDRAyMA (Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente). 2007. Análisis de Agrocombustibles en Bolivia. Diapositivas. En prensa.

MEM (Ministerio de Energía y Minas). 2009. Estadísticas de los Hidrocarburos 2008 (en línea). Managua, Nicaragua. Dirección General de Hidrocarburos. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en http://www.mem.gob.ni/media/file/HIDROCARBUROS/ESTADISTICAS/Informe%20Estadistico_2008_web%20final.pdf

_____; UNAN (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua). 2009. Ponencia en Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (24-26 ago.).

MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY); DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias, UY). 2009. Encuesta agrícola. Invierno 2009. Serie Encuestas no. 279. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/agxppdwn.aspx?7,5,90,O,S,0,443%3bS%3b5%3b120>,

Maximixe. 2004. Perfil del mercado y competitividad exportadora del etanol. Lima, PE. 39 p.

_____. 2007. Biocombustibles: perfil de mercado. Lima, PE. 33 p.

MIEM (Ministerio de Industria, Energía y Minas, UY). 2005. Energías alternativas. Sector energético en Uruguay, diagnóstico y perspectivas, con base en Los combustibles: situación actual, análisis y perspectivas de la producción en el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) del comercio con la UE. Cap. 6. DNETN/Rubio, FAO.

_____. 2006. Lineamientos de estrategia energética - Uruguay 2006. DNETN, Sector energético. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/27%20-%20AGROENERGIA%20SOUTO.pdf>

_____. 2008. La matriz energética en Uruguay - 2008. Balance energético 2008. Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. Disponible en <http://www.miem.gub.uy/portal/agxppdwn?5,6,239,O,S,0,521%3BS%3B1%3B153>.

_____. 2008. Análisis y Perspectivas del Programa Nacional de Producto y Uso de Biodiésel.

MIEM (Ministerio de Energía y Minas, PE). 2008. Anuario Estadístico de Hidrocarburos. Capítulo 5. Disponible en <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=5&idPublicacion=10>

_____. 2009. Venta de gas oil en estaciones de servicio por departamento 2004 - 2009. Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear. Disponible en <http://www.miem.gub.uy/portal/hgxpp001?5,6,245,O,S,0,MNU;E;72;3;MNU>

MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2008. Programa Nacional de Biocombustibles (en línea). San José, CR. Consultado 20 nov. 2009. Disponible en <http://www.dse.go.cr/es/03Publicaciones/01PoliticaEnerg/Programa%20Nacional%20de%20Biocombustibles.pdf>

Ministerio de Agricultura. 2009. Estadísticas por macro rubros agrícolas. CL, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl>

Ministerio de Energía y Minas. Disponible en www.menergía.goc.ec

Mejía, KM. 1983. Palmeras y el selvícola amazónico. UNMSM. Catálogo comentado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Museo de Historia Natural. Lima, PE. 8 p.

MEM (Ministerio de Energía y Minas). 2007. Plan Referencial de Hidrocarburos 2007-2016. Lima, PE. MEM.

MEM (Ministerio de Energía y Minas, NI). 2009. Estadísticas de los hidrocarburos 2008 (en línea). Managua, NI, Dirección General de Hidrocarburos. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en http://www.mem.gob.ni/media/file/HIDROCARBUROS/ESTADISTICAS/Informe%20Estadistico_2008_web%20final.pdf

_____; UNAN (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León). 2009. Presentación del Centro de Investigación Forestal, Facultad de Ciencias y Tecnología. En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Chiapas, MX.

Mesa Dishington, J. 2009. El sector palmero y los biocombustibles en Colombia - realidades y perspectivas. (Ponencia). En: Foro Nacional Ambiental Estado del arte de la discusión sobre biocombustibles. Bogotá, CO.

MIC (Ministerio de Industria y Comercio); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2009. Ponencia del MIC y MAG. En: Seminario Internacional Implicaciones de las políticas públicas sobre biocombustibles, en la seguridad alimentaria de Argentina, Colombia y Paraguay. Cartagena de Indias. 13 ago.

Ministerio de Agricultura. 2005. Estado del sector de la palma aceitera en Costa Rica. Gerencia del programa nacional de palma. Consejo nacional de producción. Servicio de información de mercados. CR.

Ministerio de Energía y Minas. 2004. Biodiésel o Aceite vegetal. Registro oficial No. 482, Decreto Ejecutivo 2332, Schimpff, E. 2005. FH Weihenstephan D-85350 Freising. Disponible en www.menergía.goc.ec.

Mittelbach, M; Remschmidt, C. 2004. Biodiésel: The comprehensive handbook. Vienna, Austria. Boersdruck Ges.m.b.H. 332 p.

MME (Ministerio de Minas y Energía). 2008. Boletín mensual de combustibles renovables. Secretaría de Petróleo, Gas Natural y Combustibles Renovables. Departamento de Combustibles Renovables. EDICAO. no 12.

MIC (Ministerio de Industria y Comercio, DO). s.f. Consumo de gasoil por año, mes y distribuidora. DO, Secretaría de Industria y Comercio. Disponible en www.seic.gov.do.

MPD (Ministerio de Planificación del Desarrollo). 2006. Plan Nacional de Desarrollo. La Paz - Bolivia.

Montenegro, D. 2001. Caracterización y análisis de la competitividad de las oleaginosas en Bolivia.

_____. 2005. Caracterización y Análisis de la competitividad de la cadena de oleaginosas en Bolivia. (Diapositivas). Outlook del cono sur Buenos Aires, AR.

Newsletter Conexión Tecnológica. 2007. Estos son días de novedades importantes en la producción de biodiésel. Mayo 18. Edición 194. Disponible en <http://www.ecodiésel.com.uy/empresa.html>

Ocrospoma, RL. 2008. Situación y perspectivas de los biocombustibles en el Perú (en línea). Lima, PE, IICA. 79 p. Consultado 25 ene. 2010. Disponible en <http://webiica.iica.ac.cr/peru/Publicación%20biocombustibles%20A4.pdf>

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2007. Contribución a la política agraria al desarrollo de los biocombustibles en Chile. Antecedentes básicos para la evaluación del potencial productivo de biodiésel. Gabinete Ministerial, Unidad de Bioenergía de la de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. p. 57. Disponible en http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Politica_Agraria_Biocombustibles.pdf

Ontario Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2008. *Field Crop Budget*. Consultado 25 abril. Disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/busdev/facts/pub60.htm#introduction>

Osorio, U. 2007. Producción de biocombustibles: Aspectos sociales, capacitación, entrenamiento y cooperación. Presentación en el Seminario Internacional. Desarrollo de cultivos alternativos para la producción de biocombustibles. Lima, PE, Petroperú.

Paramanathan, S. 2003. Land selection for Oil Palm. In *Oil Palm: Management for sustainable yields*. T Fairhurst; R Härdter. Singapore. PPIC-PPI-IPI. 27-57 p.

PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico, Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2007. Metodologías para optimizar el análisis de materias primas para biocombustibles en los países del Cono Sur. Cap. 9. p. 47-73. Disponible en <http://www.procisur.org.uy/data/documentos/136284.pdf>

Programa Sierra Exportadora. Disponible en <http://www.sierraexportadora.gob.pe/>.

PROINVERSIÓN (Promoción de la Inversión). 2007. Biocombustibles: Oportunidades de inversión en la selva peruana. Presentación en el Seminario Internacional. Desarrollo de cultivos alternativos para la producción de biocombustibles. Lima, PE. DEVIDA. Embajada de Brasil en el Perú y Petroperú.

Proyecto de Ley N° 28054. Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles.

RECOPE (Refinadora Costarricense de Petróleo). 2007. Pronóstico de demanda de combustibles a largo plazo 2007-2026. Gerencia de Comercio Internacional y Desarrollo. Dirección de Estudios de Demanda Energética. GCD-DED-86-2007. San José, CR.

Registro oficial No. 482, Decreto Ejecutivo 2332, 15 de diciembre 2004.

Regunaga, M; Baéz, G; Ganduglia, F; Massot, JM. eds. 2008. Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura Argentina (en línea). Buenos Aires. Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales (CARI). 595 p. Consultado 25 ene. 2010. Disponible en http://www.ica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Publicaciones%20de%20la%20Oficina/Diagnostico_Estrategia.pdf

Renewable, A. 2008. Diésel Demonstration. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en <http://www.renewablediésel.ca/aboutus.htm>

Reunión de Ministros Plan Puebla Panamá. 2007. Ponencia: Los biocombustibles en Colombia. Andrés Felipe Arias Leiva. Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. Bogotá, CO.

Rivas, SE. 2007. Política y Programas de Fomento de los Biocombustibles en El Salvador Disponible en www.eclac.cl/drni/noticias/noticias/1/28921/Salvador_Rivas_Biocom.pdf (ponencia). En: Seminario Internacional Visión Estratégica de las Energía Sostenibles en América Latina y El Caribe (25 -26 jun. 2007, CEPAL). Santiago, CL.

Sáder Neffa, M. 2007. Estimación de los márgenes brutos en actividades agropecuarias. OPYPA, MGAP. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/opypa/publicaciones/InformesDeCoyuntura/IC_2007/1-%20estimacion%20de%20los%20margenes%20brutos%20en%20actividades%20agropecuarias.pdf

Sáenz, A. 2005. Situación y avances del plan nacional de promoción de la palma aceitera. Lima, PE: Ministerio de Agricultura – Programa para el Desarrollo de la Amazonía.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). s.f. Biodiésel en Argentina (en línea). Buenos Aires, AR. Consultado 21 ene. 2010. Disponible en <http://www.sagpya.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiésel/final24-01.PDF>

_____. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2005. Perspectivas de los biocombustibles en Argentina y en Brasil.

Sánchez, F; Orrego, R. 2007. Desarrollo del mercado de biocombustibles en el Perú. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de CL. CEPAL, Borrador. 100 p.

Sam NK Banks; Law and Government Division. 2007. Parliamentary Information and Research Service. Bill C-33: An Act to amend the Canadian Environmental Protection Act, 1999. (en línea). Consultado 30 abril 2008. Disponible en <http://www2.parl.gc.ca/Content/LOP/LegislativeSummaries/39/2/c33-e.pdf>

Scheinkerman, E; Begenisic, F. eds. 2006. Perspectivas de los biocombustibles en Argentina y en Brasil (en línea) Buenos Aires. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA); Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Consultado 25 ene. 2010. 150 p. Disponible en <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Publicaciones%20de%20la%20Oficina/Biocombustibles.pdf>

Schrimppf, E. 2005. Biodiésel o Aceite vegetal. FH Weihenstephan D-85350 Freising.

SENER (Secretaría de Energía); BID (Banco Interamericano de Desarrollo); GTZ (Cooperación Técnica Alemana). 2006. Potenciales y viabilidad del uso de Bioetanol y Biodiésel para el Transporte en México (en línea). ME, D.F. Proyectos ME-T1007 - ATN/DO-9375-ME y PN 04.2148.7-001.00. Consultado 20 ene. 2010. Disponible en ftp://ftp2.sat.gob.mx/asistencia_servicio_ftp/publicaciones/legislacion06/tc20060508.doc

SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2008. Boletín Estadístico Agropecuario. Serie Cronológica 2002 - 2008, no. 18. CR, InfoAgro. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/BEA18/principal.html>

Secretaría de Industria y Comercio, República Dominicana. 2009. Estadísticas consumo de combustibles (en línea). Santo Domingo. Consultado el 20 de enero de 2010. Disponible en <http://www.seic.gov.do/hidrocarburos/Lists/Consumo%20de%20combustibles/AllItems.aspx>

Sierra Exportadora. (s.f). Implementación de la cadena productiva altoandina de los biocombustibles. Lima: Sierra Exportadora. 178 p.

SNV (Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo); WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2008. Estudio de mercado del biodiésel en El Salvador, Honduras y Nicaragua (en línea). Tegucigalpa. HN. SNV/WBCSD. Consultado 20 ene. 2010. 84 p. Disponible en <http://www.sica.int/busqueda/Centro%20de%20Documentaci%C3%B3n.aspx?IDItem=31594&IdCat=32&IdEnt=749&Idm=1&IdmStyle=1>

Souto; G. 2006. Agroenergía: avanza el diseño de la política nacional de biocombustibles (en línea). Anuario, Montevideo. Oficina de Programación y Política Agropecuaria, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Consultado 21 ene. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/27%20-%20AGROENERGIA%20SOUTO.pdf>

Stiefelmeyer, KA; Mussel, AL; Moore T; Liu, D. 2008. *The Economic Impact of Canadian Biodiesel Production on Canadian Grains, Oilseeds and Livestock Producers*. Canadian Canola Growers Association. p. 42-46.

Tichno, MA. 2006. El rol de la ciencia y la técnica en el desarrollo de los biocombustibles. Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Proyecto Bioenergía: desafíos para Argentina. Informe técnico final. FAO: TCP/ARG/3103.

TSDF (Fundación de Desarrollo y Estudios Tropicales). 2009. Investigación, entrenamiento y educación. Trabajando hacia la utilización sostenible de la tierra y energía renovables en Belice (en línea). Disponible en <http://www.tsdfbelize.org/indexspanish.htm>

UDAPE (Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas). 2006. Dossier de estadísticas económicas y sociales La Paz - Bolivia.

UN (Naciones Unidas); CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2008. Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2007. LC/MEX/L.882. Unidad de energía y recursos naturales de la sede subregional de la CEPAL en MX. Disponible en <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/34314/L882.pdf>

Universidad de Chile. 2008. Diseño de un modelo de proyección de demanda energética global nacional de largo plazo. PROGEA, Departamento de Ingeniería Industrial. Consultado jun. 2008. Disponible en: http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/estudios/texto2.pdf

US (Department of Energy). 2007. Clean Cities Alternative Fuel Price Report (en línea). Consultado 20 nov. 2009. Disponible en http://www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/afpr_jul_07.pdf

_____. 2008. Oilseeds: World Markets and Trends. Foreign Agricultural Service. Circular series. FOP 7-08.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos); FAS (Foreign Agricultural Service). 2008. Circular Series FOP 7.

UTP (Universidad Tecnológica de Panamá). 2009. Situación de los biocombustibles en Panamá. En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, MX.

Vásquez, MR. 1989. Plantas útiles de la Amazonía Peruana. Mimeografiado. p. 102.

Vera Díaz, JC. 2009. Experiencias en el desarrollo del Programa Nacional de Biocombustibles – retos, perspectivas y oportunidades. (Ponencia). Bogotá, CO. Julio 10.

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonía. SPT-TCA. Lima, Perú. no. 44:2-11. El Sitio Agrícola. Disponible en www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf

Viscarra Morales, A.L. 2004. La Cadena Productiva de Oleaginosas. Unidad de productividad y competitividad.

Wassner, D. 2006. El ricino como alternativa para diversificar la producción en áreas marginales. Bioenergía: avances y perspectivas, Facultad de Agronomía, UBA, 2007.

Zamarripa Colmenero, A. 2009. Coordinador Nacional de la Red de Investigación e Innovación en Bioenergéticos. Ponencia: Situación actual de los biocombustibles en México. En: Primera Reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. MX.