

**GERENCIA DE POLÍTICAS Y ANÁLISIS  
ECONÓMICO**

**DOCUMENTO DE TRABAJO N° 36**

## **Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales**

**Arturo L. Vásquez Cordano  
Ricardo de la Cruz Sandoval  
Francisco J. Coello Jaramillo**

**Lima, Noviembre del 2016**

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería  
Gerencia de Políticas y Análisis Económico**

***Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales***

Documento de Trabajo N° 36, Gerencia de Políticas y Análisis Económico

Los documentos de trabajo de la Gerencia de Políticas y Análisis Económico de Osinergmin buscan contribuir a la discusión de diferentes aspectos de la problemática del sector energético y minero desde un punto de vista académico. Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los documentos de trabajo pertenecen a sus autores y no implican necesariamente una posición institucional de Osinergmin. La información contenida en el presente documento se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso.

**Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente y los autores.**

Autores: Arturo L. Vásquez Cordano, Ricardo de la Cruz Sandoval, Francisco J. Coello Jaramillo

Asistentes: Guillermo A. Tesén Quispe, Héctor A. Palacios Fiestas

Colaboradores: Pedro Isusi Vargas, Sofía A. Carrasco Baca, Hayde M. Cunza Roca, Marco A. Gonzales Peralta

Primera versión: Diciembre 2015

Segunda versión: Noviembre 2016

Citar el documento como: Vásquez, Arturo; de la Cruz, Ricardo y Francisco Coello (2016). *Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales*. Documento de Trabajo N° 36, Gerencia de Políticas y Análisis Económico – Osinergmin, Perú.

Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información.

Para comentarios o sugerencias dirigirse a:

*Osinergmin*

*Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar*

*Lima, Perú*

*Tel. (511) 219-3400, anexo 1057*

*Fax (511) 219-3413*

*Portal Corporativo*

<http://www.osinergmin.gob.pe/>

*Portal de la GPAE*

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_osinergmin/estudios\\_economicos/oficina-estudios-economicos](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos/oficina-estudios-economicos)

Correo electrónico: [gpae@osinergmin.gob.pe](mailto:gpae@osinergmin.gob.pe)

ISSN 2307 – 4272 (En línea)

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin**  
**Gerencia de Políticas y Análisis Económico**  
**Documento de Trabajo N° 36**

**Los Biocombustibles: Desarrollos recientes y tendencias internacionales**

**Resumen**

En este documento de trabajo se realiza una síntesis de las características de los principales biocombustibles (biodiesel y etanol) y sus etapas de producción. Asimismo, se presenta un resumen del análisis del ciclo de vida que mide finalmente el balance energético de los biocombustibles realizado por Bruinsma (2009) para el caso de la palma y la jatropha. Se discuten posteriormente las principales características del mercado internacional de biocombustibles incluyendo los porcentajes mínimos en la participación de mercado, la evolución del consumo, la evolución de la oferta, los principales agentes en Europa y América Latina así como la evolución de los precios internacionales y las tendencias que organismos internacionales han identificado.

Luego se analiza el mercado local de biocombustibles donde se realiza una síntesis del marco legal e institucional, la producción nacional, la demanda, comercio internacional, los costos de producción. Posteriormente, se analizan los riesgos y retos del mercado de biocombustibles incluyendo las barreras al comercio internacional, los problemas que se han identificado en el desarrollo de los biocombustibles y las disyuntivas implícitas en su promoción, todo ello bajo una mirada que enfatiza las lecciones de política para el Perú.

Clasificación JEL: C68, D91. O13, Q51, Q52, Q55

Palabras clave: Biocombustibles, equilibrio general computable, disyuntivas de política, análisis de ciclo de vida

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	5
2.	¿Qué son los biocombustibles?.....	7
2.1	Biodiesel .....	7
2.2	Etanol .....	8
2.3	El análisis del ciclo de vida.....	8
3.	Mercado Internacional de Biocombustibles .....	12
3.1	Determinación de porcentajes mínimos en la participación de mercado .....	13
3.2	Evolución del consumo de biocombustibles .....	17
3.3	Evolución de la oferta (plantas, capacidad de producción, localización).....	18
3.4	Evolución de los precios .....	24
4.	Mercado local de biocombustibles .....	29
4.1	Marco institucional y regulatorio .....	29
4.2	¿Cuáles son las principales reglas para la comercialización de biocombustibles? .....	36
4.3	Evolución del Mercado de Biocombustibles en el Perú.....	39
5.	Principales Riesgos y Retos del Mercado de Biocombustibles .....	51
5.1	¿Cuáles son las barreras a la exportación de Biocombustibles?.....	51
5.2	¿Cuáles son las nuevas arenas de negociación para los biocombustibles? .....	53
5.3	¿Cuáles son los problemas que se han identificado en el desarrollo de Biocombustibles? .....	55
5.4	¿Cuáles son las “disyuntivas de política” en la promoción de los biocombustibles? .....	67
6.	Conclusiones.....	83
7.	Glosario .....	88
8.	Referencias.....	91
9.	Anexo.....	99

## 1. Introducción

Según la International Energy Agency (IEA, Agencia Internacional de la Energía), los biocombustibles son combustibles que se derivan de la biomasa o residuos de materias primas<sup>1</sup>. Los biocombustibles son utilizados mezclándolos con los combustibles fósiles en una proporción que es determinada por la entidad encargada del marco normativo energético de cada país. Algunos países establecen metas en función de contenido energético, otros del contenido volumétrico, y recientemente de los ahorros en emisiones.

En América Latina los requerimientos mínimos son similares a los europeos e incluso en algunos casos ya se han definido metas al 2015 y 2020. El desarrollo de los biocombustibles tiene en Brasil a su principal exponente latinoamericano gracias al desarrollo de la industria del etanol a partir de la caña de azúcar desde 1970. Otros casos emblemáticos en Latinoamérica son Argentina, con su gran industria aceitera y Colombia con una importante producción de etanol y biodiesel.

El consumo mundial de biocombustibles ha aumentado de aproximadamente 556 MBPD a más de 2557 MBPD entre los años 2002 y 2015 según la OCDE-FAO<sup>2</sup>. La mayor producción de biocombustibles se encuentra en América del Norte (Estados Unidos) y América del Sur (Brasil)<sup>3</sup>.

El desarrollo de los biocombustibles está llevando al estudio de la viabilidad de nuevos tipos producidos a partir de insumos no relacionados a cultivos de alimentos y que se pueden cultivar en tierras no ligadas a la agricultura. América Latina tiene gran potencial en el desarrollo de estos biocombustibles de segunda generación en Brasil, según lo expuesto por BNAméricas, gracias a los residuos de la industria de la caña de azúcar.<sup>4</sup>

No obstante, el desarrollo de los biocombustibles no está exento de problemas y controversias, entre los que destaca el argumento del cambio del uso de suelos destinados a la agricultura, sus efectos inciertos cuando se incluye en análisis el ciclo de vida, las implicancias de la caída reciente en el precio del petróleo, entre otros.

En el presente Documento de Trabajo se identifican algunas disyuntivas del desarrollo de los biocombustibles principalmente ligados al aumento de los precios de los cultivos, sobre

---

<sup>1</sup> Biomasa se refiere a cualquier organismo con vida reciente (algas marinas, virutas de madera, etc.) y sus derivados metabólicos como el estiércol. En <http://www.iea.org/aboutus/glossary/b/>.

<sup>2</sup> Fuente: OCDE-FAO Agricultural Outlook (Perspectivas Agrícolas) 2016-2025. En: <http://stats.oecd.org/>

<sup>3</sup> Fuente: British Petroleum.

<sup>4</sup> Business News Americas (2013), pp. 19.

la distribución del ingreso en la economía, asociados al aumento de la demanda y de la producción de biocombustibles. Varios de ellos están directamente ligados a los problemas de los dos párrafos anteriores.

El documento está organizado de la siguiente forma. Luego de la Sección 1 que representa la introducción anterior, en la Sección 2 se realiza una reseña de los principales biocombustibles, el etanol y el biodiesel así como del análisis del ciclo de vida. En las siguientes secciones se realiza un análisis del mercado internacional y nacional describiendo los principales agentes, principales normas en Europa y América Latina, la oferta y precios a nivel mundial y las principales tendencias. En el mercado nacional se describe el marco legal, la demanda de biocombustibles, las exportaciones, los costos de producción. En la Sección 5 se lleva a cabo el análisis de los problemas y retos de la industria de biocombustibles a partir del análisis realizado por diferentes trabajos a nivel internacional. Finalmente, las lecciones de política y las conclusiones se presentan en la Sección 6.

## 2. ¿Qué son los biocombustibles?

Según la IEA, los biocombustibles son aquellos combustibles que se derivan de la biomasa o residuos de materias primas.<sup>5</sup> Por su parte, la Energy Information Administration (EIA, Administración de Información Energética de Estados Unidos) los define como combustibles líquidos producidos de la biomasa, que además son utilizados principalmente para el transporte.<sup>6</sup>

Por su parte, en el artículo 2 de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles (Ley N° 28054 publicada el 8 de agosto de 2003), se señala que los biocombustibles son aquellos productos químicos que se obtienen de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o de otra forma de biomasa que cumplan con las normas de calidad establecidas por las autoridades competentes. Ejemplos de biocombustibles son el biodiesel y el etanol.

### 2.1 Biodiesel

Es un biocombustible hecho principalmente de soya, canola, aceites vegetales y grasas animales así como por girasol o piñón blanco (jatropha). Otros insumos utilizados para la elaboración de biodiesel son la palma aceitera, higuera, aceites usados<sup>7</sup>. El proceso de obtención del biodiesel consta de cinco partes:

**Cuadro N° 1: Proceso de obtención del Biodiesel**

<b>Preparación de la Materia Prima</b>	• Para generar biodiesel, en esta primera etapa debe obtenerse el aceite base limpio, la forma en que se lleve a cabo dependerá del insumo utilizado (insumo agrícola, grasas animales, aceite de cocina usado, etc).
<b>Esterificación</b>	• Proceso que consiste en retirar los ácidos grasos libres (o FFA, por sus siglas en inglés) de las grasas primarias (insumos).
<b>Transesterificación</b>	• Proceso en que el aceite se separa tanto en glicerina como en biodiesel; esto debido a la acción de un catalizador base como el hidróxido de sodio y el metanol.
<b>Lavado</b>	• Se retira del biodiesel obtenido del proceso de transesterificación cualquier sustancia soluble al agua. En esta etapa se retira mas glicerina.
<b>Deshidratado</b>	• Se procede a retirar el agua que pudo haberse quedado del proceso de lavado. Se calienta el biodiesel para que se evapore el agua.

Fuente: SAGARPA<sup>8</sup>

<sup>5</sup> Biomasa se refiere a cualquier organismo con vida reciente (algas marinas, virutas de madera, etc.) y sus derivados metabólicos como el estiércol. En <http://www.iea.org/aboutus/glossary/b/>.

<sup>6</sup> En <http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=B>.

<sup>7</sup> Energy Information Administration (<http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=B>), International Energy Agency (<http://www.iea.org/aboutus/glossary/b/>) y Khwaja (2010), pp. 32.

<sup>8</sup> En <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/biodiesel/produccion-de-biodiesel.html>.

## 2.2 Etanol

Es un alcohol que se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha<sup>9</sup>. Permite sustituir las gasolinas o naftas en cualquier proporción. El proceso de obtención del etanol consta de tres grandes partes:

**Cuadro N° 2: Proceso de obtención del Etanol**

<b>Adecuación de materias primas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proceso en el que se trituran/muelen las materias primas y luego se agrega agua para obtener la solución azucarada fermentable. Esto es para biomasa rica en azúcares, si es rica en almidones se debe realizar una hidrólisis enzimática para liberar los azúcares del almidón.</li> </ul>
<b>Fermentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proceso biológico en el que se agregan levaduras a la solución azucarada y se calienta para generar bioetanol y CO<sub>2</sub>. Se lleva a cabo en ausencia de oxígeno y por ello se le conoce como fermentación anaeróbica.</li> </ul>
<b>Destilación y Deshidratación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Proceso en el que se separa el bioetanol del agua con calor aprovechando los diferentes puntos de ebullición resultando "bioetanol anhidro" (sin agua).</li> </ul>

Fuente: SAGARPA<sup>10</sup>

## 2.3 El análisis del ciclo de vida

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), es una metodología que permite registrar y evaluar el balance energético de un producto o servicio durante todas las etapas de su existencia, es decir, desde la extracción y adquisición de la materia prima, la producción y consumo de energía, hasta la disposición final.<sup>11</sup>

En el informe de Bruinsma (2009) sobre la producción de biodiesel,<sup>12</sup> se hizo uso del ACV<sup>13</sup> para evaluar los posibles impactos que tendría la producción a gran escala en la Amazonía peruana y a nivel nacional de este biocombustible. Para tal efecto dividieron el ciclo de vida del biodiesel en 3 escenarios del proceso productivo iniciando en el cultivo de la materia prima (cultivo energético) y terminando en la producción del biodiesel,<sup>14</sup> como se

<sup>9</sup> En <http://www.consejoenergiasrenovables.com/index.php/proyectos/biocombustibles>.

<sup>10</sup> En <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/bioetanol/esquema-tecnologico.html>.

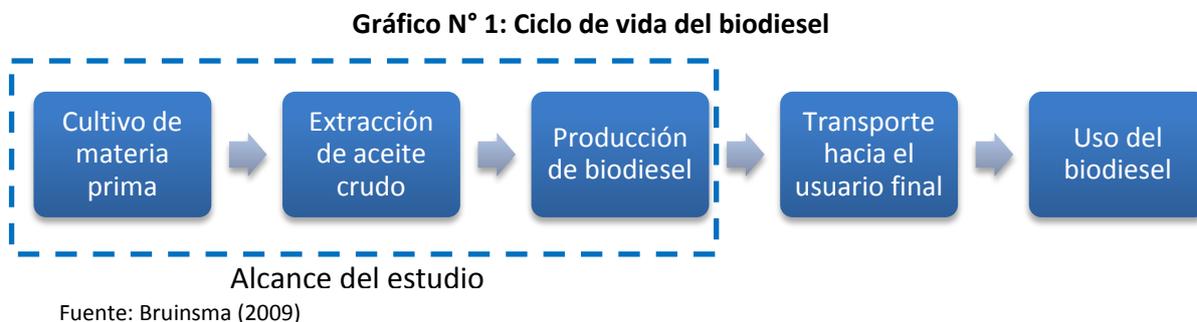
<sup>11</sup> Bruinsma (2009), pp. 45.

<sup>12</sup> Los cultivos estudiados fueron la palma aceitera y la *Jatropha Curcas*.

<sup>13</sup> El estudio consideró también los impactos ambientales de la producción de biodiesel y en ese sentido se concluyó que los biocombustibles, al capturar carbono de la atmósfera en su etapa agrícola, pueden disminuir las emisiones de GEI en relación a los combustibles fósiles en las etapas de producción y consumo, es decir, se considera un ciclo de carbono cerrado para los biocombustibles.

<sup>14</sup> El estudio consideró solo las tres primeras etapas del ciclo de vida del biodiesel.

describe en Gráfico N° 1. El objetivo fue analizar el balance energético del biodiesel, es decir, comparar la cantidad de energía necesaria para su producción (usada durante todo el ciclo) y la cantidad de energía que es capaz de producir el biocombustible.



En relación a la etapa agrícola (cultivo de materia prima), se incluyó dentro del estudio el uso e impacto de los plaguicidas y fertilizantes aplicados, así como el impacto directo debido al uso y cambio de uso del suelo.<sup>15</sup> Según el informe, los biocombustibles producidos a partir de plantaciones perennes, como lo son la palma y la jatropha, cultivadas en tierras eriazas como bosques secundarios de 3 años tienen un efecto en la reducción de gases de efecto invernadero muy positiva en el caso de la palma aceitera y positiva en el caso de la jatropha<sup>16</sup> a pesar de la deforestación directa o indirecta asociada a su producción.

Respecto a la etapa de extracción de aceite y producción de biodiesel, consideraron la generación de energía, la infraestructura, el uso de aditivos químicos y sus emisiones. La extracción de aceite y producción de biodiesel a partir del fruto de palma aceitera se resume en el Gráfico N°2.<sup>17</sup>

El proceso de extracción de aceite crudo a partir de la jatropha es similar al de la palma aceitera, y sucede mediante un proceso de fraccionar, prensar y filtrar. El proceso de obtención de biodiesel, una vez obtenido el aceite crudo es el mismo que para el fruto de la palma aceitera.<sup>18</sup>

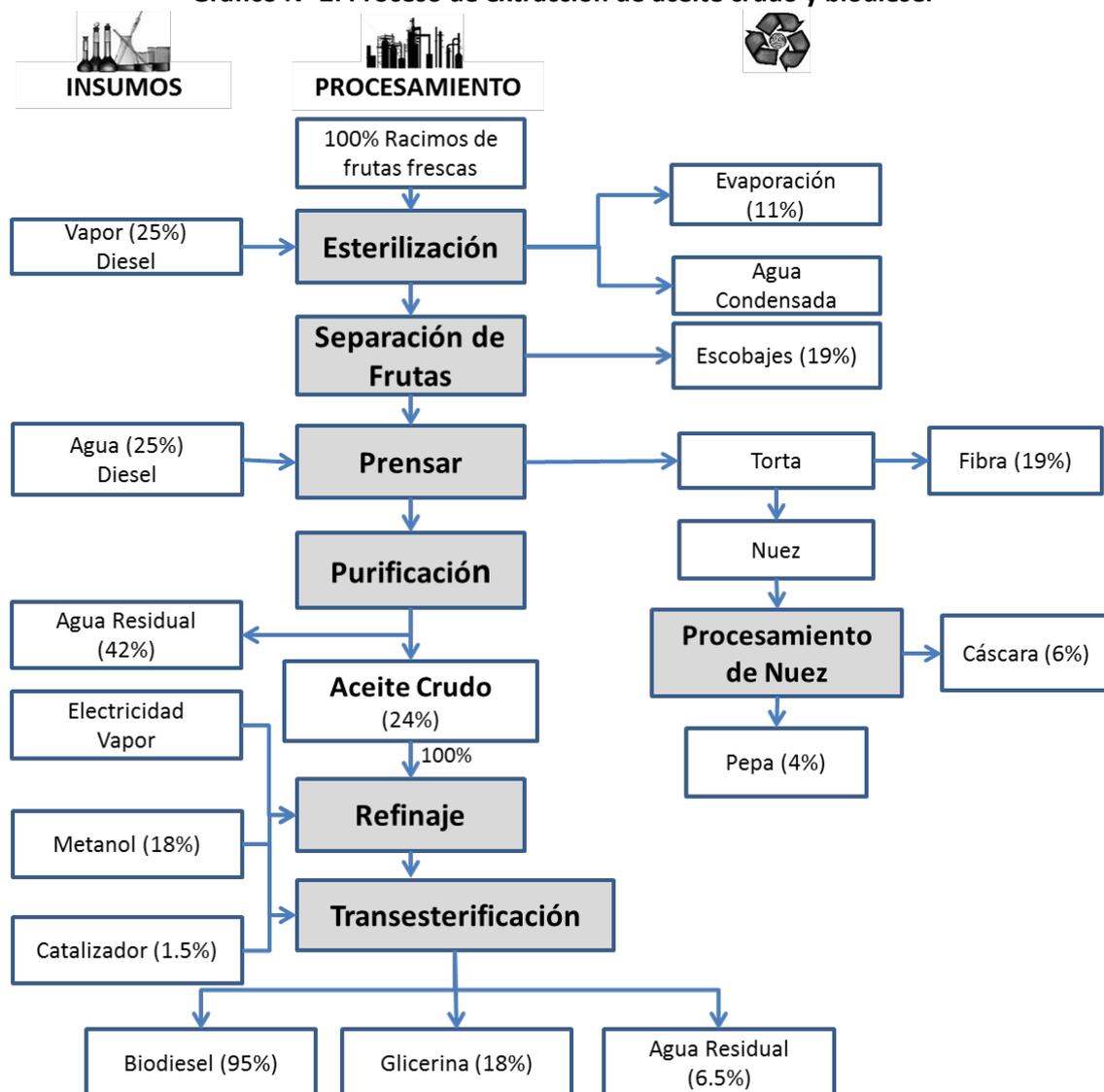
<sup>15</sup> Bruinsma (2009), pp. 26-27.

<sup>16</sup> Bruinsma (2009), pp. 68-69 y 80-81.

<sup>17</sup> Bruinsma (2009), Capítulo 4, pp. 45-58.

<sup>18</sup> Bruinsma (2009), Capítulo 4, secciones 4.2.3, 4.2.4, 4.3.3 y 4.3.4.

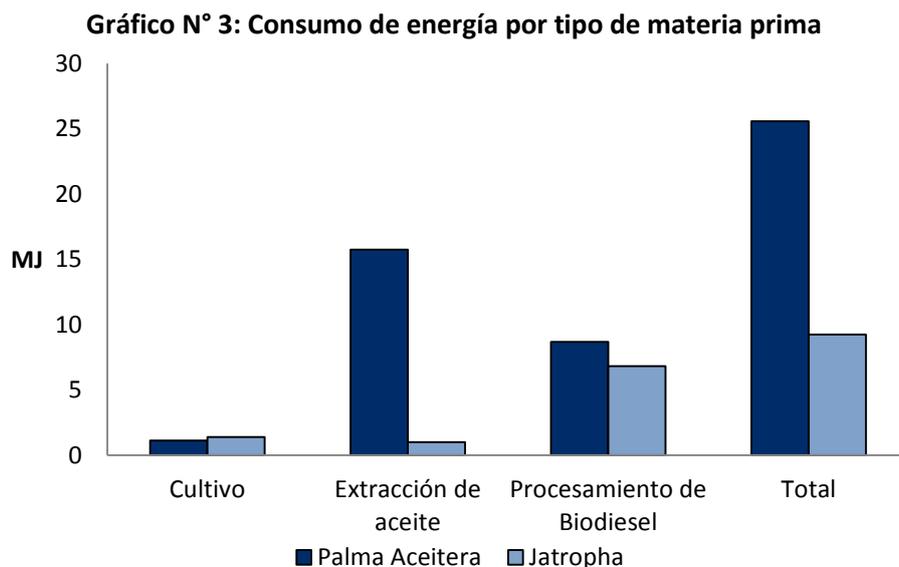
**Gráfico N° 2: Proceso de extracción de aceite crudo y biodiesel**



Fuente: Bruinsma (2009)

El Gráfico N°3 muestra la energía consumida, en todo el ciclo de vida del biocombustible, por tipo de materia prima. La razón por la cual la producción de biodiesel a partir de la jatropha consume menos energía que usando palma aceitera estaría relacionada, al menos en parte, a que en el proceso de obtención del aceite crudo, la jatropha no incluye una fase de pre tratamiento dado que esta no cuenta con la acidez del aceite de palma que hace necesario dicho proceso.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Red Peruana de Ciclo de Vida, Swisscontact y EMPA (2009), pp. 25.

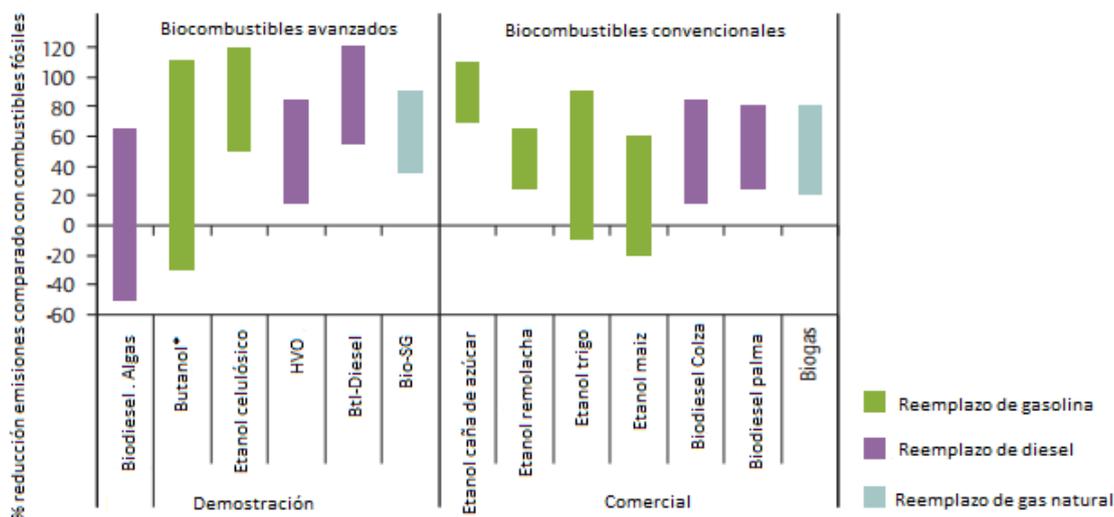


*“El balance energético es el ratio entre la energía contenida en el biodiesel y la energía total utilizada en su producción. [...] Es importante que el balance energético sea mayor que uno. Este quiere decir que la producción de un litro de biodiesel no consume más energía de lo que este rinde.[...]” (Bruinsma, 2009: 66).*

El estudio observa que el poder calorífico o valor energético contenido en 1 litro de biodiesel es de 43.3 MJ, y en tal sentido el balance energético de la producción de este biocombustible es de 1.7 para la palma aceitera y de 4.7 para la jatropha.

La International Energy Agency (IEA) (2011) analizó diversos estudios que realizan el análisis del ciclo de vida y calculan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de diferentes tipos de biocombustibles para luego compararlos con los combustibles fósiles y el gas natural que reemplazan. El Gráfico N° 4 muestra los resultados de dicho análisis. Se consideran no sólo diferentes tipos de insumos sino también diversos procesos de producción, lo cual repercute en la amplitud de las posibles reducciones de emisiones. De acuerdo al documento de la IEA, el etanol de caña de azúcar tiene potenciales beneficios ambientales, sino ocurre cambios de uso de tierra indirectos. Los resultados de otros biocombustibles mejorarían si los procesos de producción fueran ejecutados con energías renovables y se mejora la utilización de los productos asociados o co-productos (IEA, 2011: 16)

**Gráfico N° 4: Balance de emisiones de GEI y ciclo de vida de los diferentes biocombustibles convencionales y avanzados según el estado actual de la tecnología**



Nota: Las mediciones no incluyen las emisiones de los cambios de uso de tierra indirectos. Ahorros de emisiones mayores a 100% son posibles a través del uso de co-productos. Bio-SG = gas bio-sintético; BtL = biomasa licuificada; Biodiesel está referido al estándar FAME = fatty acid methyl esthers; HVO = aceite vegetal hidrotratado.

Fuente y elaboración: IEA (2011)

El presente capítulo ha brindado una visión general sobre los principales biocombustibles de primera generación, sus métodos de producción y su ciclo de vida. Se ha podido aprender que existen estudios sobre impacto ambiental de los biocombustibles en el Perú y han estimado un impacto positivo teniendo en cuenta los impactos directos. Asimismo, los resultados del ACV para cada tipo de biocombustible dependen de los supuestos, del método de producción y de los insumos, por lo que los resultados también son variables, pero en general, se ha visto que, en términos ambientales, serían positivos si no ocurren efectos indirectos en el uso y cambio de uso de suelos y si se aprovechan adecuadamente los co-productos del proceso de producción. El siguiente capítulo presentará la industria de los biocombustibles a nivel internacional.

### 3. Mercado Internacional de Biocombustibles

El mercado de los biocombustibles ha necesitado la implementación de medidas de incentivo por parte de los gobiernos para su desarrollo debido a que el costo de producción ha sido mayor al costo de producir combustibles derivados del petróleo. Ello origina la dependencia del nivel del precio mundial del petróleo, pues incentiva la búsqueda de sustitutos. Una de las medidas más usadas para viabilizar los biocombustibles ha sido el establecimiento de cuotas mínimas de mezcla de biocombustibles con las gasolinas y el diésel.

Un argumento a favor de las cuotas de mezcla es que permiten facilitar la viabilidad de los biocombustibles, algunos de los cuales pueden ser obtenidos en tierras desgastadas (ver secciones posteriores) y permiten la diversificación productiva y la sustitución de cultivos utilizados para la producción de bienes ilegales (como el caso de la hoja de coca para la producción de drogas). En contraste, un argumento no favorable es que las cuotas de mezcla crean un mercado cautivo puesto que fuerzan a los productores de combustibles (refinerías y plantas de procesamiento) a comprar a los productores de biocombustibles nacionales o extranjeros, y dado el costo mayor de producción, tienden a generar un incremento de los precios de los combustibles al usuario final, entre otros impactos. En ese sentido, el impacto negativo en el bienestar tendría que ser comparado con el efecto sobre la contaminación ambiental de la producción de biocombustibles.

### **3.1 Determinación de porcentajes mínimos en la participación de mercado**

#### Unión Europea (UE) y España

El Parlamento Europeo promulgó la Directiva 2003/30/CE relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. En el artículo 3 de esta directiva se indica que: *“Los Estados miembros deberían velar por que se comercialice en sus mercados una proporción mínima de biocarburantes y de otros combustibles renovables y a tal efecto establecerán objetivos indicativos nacionales.”*

Con ese fin, se estableció como valor referencial el 2% hasta el año 2005 y de 5.75% hasta el año 2010, sobre la base del contenido energético de toda la gasolina y todo el gasóleo comercializados en sus mercados con fines de transporte.<sup>20</sup> Posteriormente, mediante Directiva 2009/28/CE se dejó sin efecto los valores referenciales señalados anteriormente a partir de 2012<sup>21</sup> y, en su lugar se estableció en su artículo 3, numeral 4, que: *“Cada Estado miembro velará por que la cuota de energía procedente de fuentes renovables en todos los tipos de transporte en 2020 sea como mínimo equivalente al 10 % de su consumo final de energía en el transporte”*.

Si bien la normativa europea establece valores referenciales comunes, los países miembros tienen margen de discrecionalidad en su aplicación. En el Gráfico N° 5 se muestran los porcentajes mínimos vigentes al 2016, de incorporación de biocombustibles en el sector transporte en Europa. Se aprecia que algunos países establecen tanto obligaciones a nivel global, como desagregadas por etanol y biodiesel. Asimismo, algunos países establecen metas

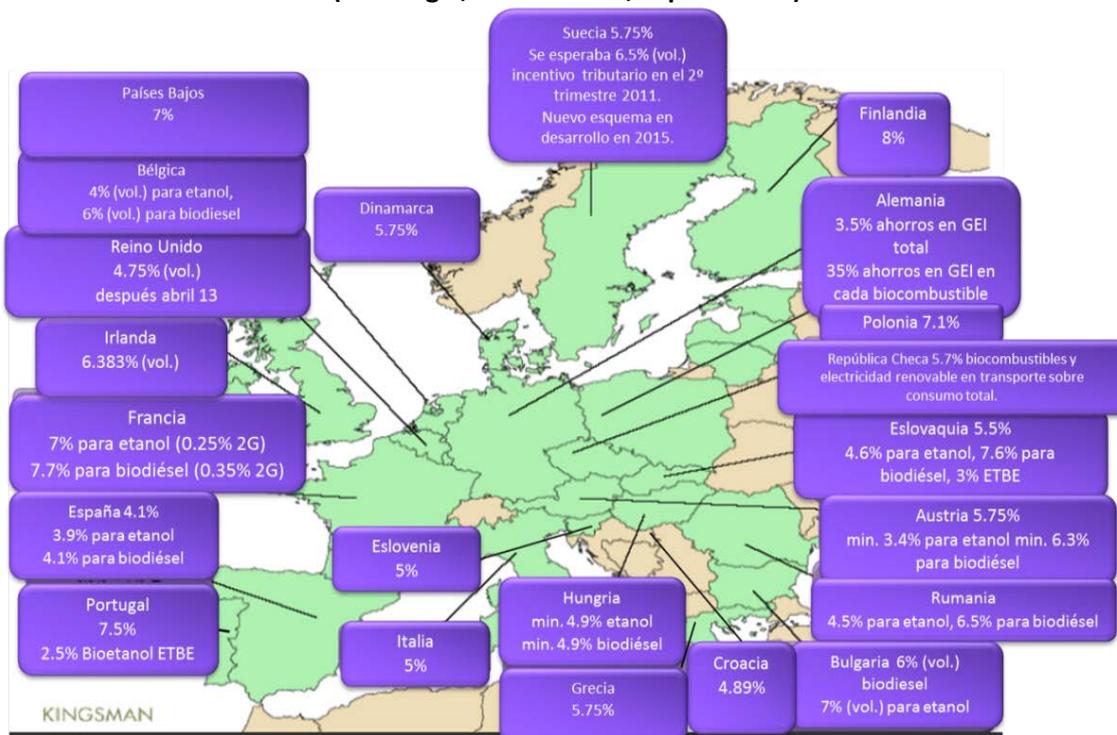
---

<sup>20</sup> Directiva 2003/30/CE Artículo 3 inciso b.

<sup>21</sup> Art. 26° numerales 2 y 3 de la referida directiva

en función del contenido energético, mientras que otros lo hacen en función del contenido volumétrico. Finalmente, Alemania cambió a metas de reducción de GEI desde 2015.

**Gráfico N° 5: Mandatos de biocombustibles en la unión europea vigente al 2016  
(% energía, en otro caso, especificado)**



Notas: 2G = Segunda generación, ETBE = Etil terbutil Éter

Fuente: USDA Foreign Agricultural Service, Kingsman y [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) (Leyes en internet de Alemania)

El porcentaje mínimo de incorporación del Etanol es 3.9% en contenido volumétrico y 2.5% en contenido energético; mientras que para el biodiesel es de 4% en contenido volumétrico y 4.1% en contenido energético.

### América Latina

En América Latina también surgió un interés por la producción y uso de biocombustibles, por lo que se ha desarrollado un marco legal relacionado a la promoción de los Biocombustibles. Así, se han establecido porcentajes de mezcla en contenido volumétrico de biocombustibles, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 3 Porcentaje de mezcla de biocombustibles en América Latina**

País	Mezcla
<b>Argentina</b>	90% Diésel + 10% biodiesel 88% Nafta +12% bioetanol <sup>22</sup>
<b>Bolivia</b>	80% Diésel + 20% biodiesel (2015)
<b>Brasil</b>	93% Diésel + 7% biodiesel 82% Gasolina + 18% alcohol etílico anhidro (mínimo) 72.5% Gasolina + 27.5% alcohol etílico anhidro (máximo)
<b>Colombia</b>	90% a 92% diésel + 8% a 10% biodiesel según región 92% gasolina + 8% alcohol carburante
<b>Ecuador</b>	90% gasolina + 10% etanol
<b>Perú</b>	92.2% Gasolina + 7.8% alcohol carburante 95% Diésel + 5% biodiesel <b>(DS 013-2005-EM)</b>

Fuente: OLADE (2007), SNV (2008), USDA (2015, varios), Ministerio de Energía y Minas de Perú (MEM), BNAméricas (2016)

Elaboración: GPAA-Osinergmin

Se observa que la obligación mínima de contenido de Biodiesel establecida para el Perú está ligeramente bajo el rango de lo exigido para la muestra de países de Europa y de América Latina (términos volumétricos). En el caso del Etanol, el valor es superior al rango de Europa y menor a todos los países latinoamericanos mostrados (términos volumétricos).

Brasil destaca como el principal productor de biocombustibles en Latinoamérica (29.35 millones de litros producidos en 2015 según USDA (2015b)) y según Business News Américas (BNAméricas, 2013), entre las principales potencialidades que presenta con respecto a la producción y comercialización de biocombustibles destaca la importante tasa de crecimiento promedio anual de 8.3% que pronostica la EIA para la producción de biodiesel en los periodos 2012-2018. La norma de mezcla obligatoria en Brasil actualmente estipula un 7%. Según BNAméricas (2013), esta debiera incrementarse hasta un 20% progresivamente hacia el 2020, lo cual implicó que diversas asociaciones de la industria estimen que se requerirá de una inversión aproximada de US\$14 000 millones.<sup>23</sup> Además, el documento menciona el importante apoyo que el Estado brasileño viene brindando a los pequeños agricultores mediante la compra de biodiesel a productores que cuenten con el Sello de Combustible Social,<sup>24</sup> otorgándoles a su vez exoneraciones tributarias y acceso a créditos. Si bien Brasil se ha estado interesando en exportar a Europa, el documento cita que los impuestos y costos en dicho país han venido obstaculizando las negociaciones con el mercado europeo.

La segunda industria más importante de biocombustibles en Latinoamérica la tiene Argentina, según BNAméricas (2013), quien enfatiza que destaca por su nivel de desarrollo e

<sup>22</sup> Decreto 543/2016 Porcentaje obligatorio de Bioetanol. Abastecimiento. Disponible en: <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/255000-259999/259942/norma.htm> (Acceso en 18/04/2016)

<sup>23</sup> De acuerdo a Place (2016), Brasil otorgó un año a sus productores de biodiesel para ajustarse a los nuevos porcentajes de mezcla de biodiesel: 8% en 2017, 9% en 2018 y 10% en 2019.

<sup>24</sup> Según BNAméricas (2013), al menos el 80% de los productores en las subastas deben tener este sello.

industrialización, pues en ésta predominan las empresas multinacionales<sup>25</sup> con producciones a gran escala destinadas principalmente a la exportación. Asimismo, indica que la producción argentina se basa principalmente en biodiesel a partir de la soya, dado que este país es uno de los principales productores mundiales de este grano juntamente con Estados Unidos y Brasil. La USDA (2015f) indica que las empresas productoras en Argentina produjeron más de 2 mil millones de litros de biodiesel en el 2015. En el caso de etanol, esta habría sido 800 millones de litros.

Por otro lado, BNAméricas (2013) indicó que el gobierno argentino trazó el año 2010 una política de mezcla obligatoria del 7% de biodiesel para incentivar el consumo interno. Sin embargo, no habría tenido el efecto esperado puesto que el año 2012 más del 60% de la producción de biocombustibles se destinó a la exportación. La USDA (2015f) indica que el porcentaje de mezcla actual es de 10% para biodiesel mientras que el Decreto 543/2016 fijó recientemente el porcentaje para etanol en 12%.

Adicionalmente, BNAméricas (2013) menciona que el principal mercado de biodiesel argentino ha sido la Unión Europea (en adelante UE); sin embargo, en el 2013 Argentina protestó ante la OMC por la gran carga arancelaria que la UE impuso sobre el biodiesel argentino; ante este panorama, reporta que los productores argentinos empezaron a mirar nuevos mercados como el norteamericano, donde se ha lanzado un programa Estándar de Combustible Renovable, el cual exige volúmenes de ventas anuales mínimos progresivos hacia el 2022. En marzo de 2016, BNAméricas informó que la OMC recomendó a la UE alinear sus medidas con el Acuerdo Anti-Dumping y el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio de 1994.<sup>26</sup>

En relación a los demás países de la región, BNAméricas (2013) destaca la participación de Colombia calificándolo como el tercer productor de biocombustibles a nivel regional. Según datos publicados por la USDA (2015a), la producción de etanol a partir de la caña de azúcar fue de 406 millones de litros (MMI) en el 2014, y la de biodiesel extraído de la palma aceitera fue de 606 MMI en el mismo año. El principal potencial con el que cuenta Colombia, según BNAméricas, se encuentra en las normas de mezcla obligatoria de 8-10% en etanol y de 10% para biodiesel, las cuales son unas de las más altas en la región. Asimismo, la USDA (2015a) indica que la industria de biocombustibles colombiana cuenta con 6 plantas de etanol, -teniendo previsto ampliar una más para el 2016- y 6 plantas de biodiesel, algunas de las cuales,

---

<sup>25</sup> BNAméricas cita que según un informe del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, estas empresas cuentan con el 80% de la capacidad instalada en Argentina.

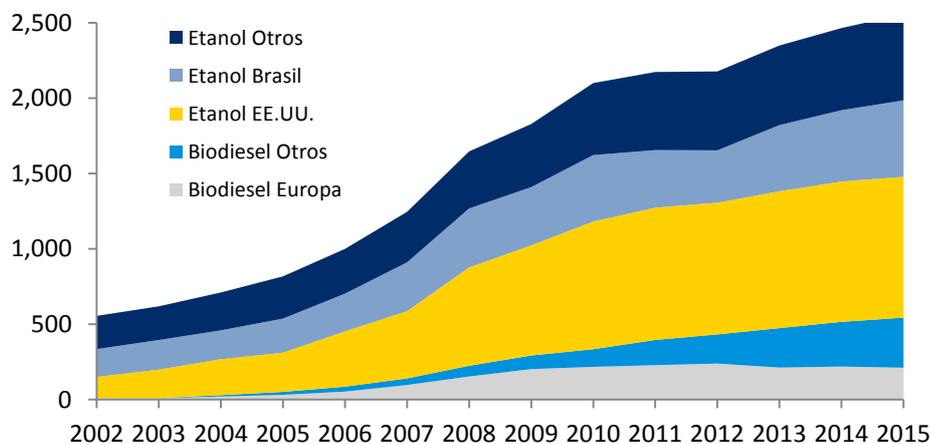
<sup>26</sup> Baker (2016).

según BNAméricas, cuentan con la participación de la petrolera estatal Ecopetrol. Finalmente, BNAméricas propone que el reto actualmente para las productoras colombianas de biocombustibles se centrará en el hecho de obtener la certificación correspondiente para poder comercializar su biocombustible en el mercado internacional dada la fuerte barrera que ha impuesto el mercado norteamericano y la UE para su comercialización. Sin embargo, según lo reportado por la USDA (2015a) Colombia necesitará incrementar primero su demanda para incentivar la oferta y cubrir con producción interna el porcentaje de mezcla obligatoria.

### 3.2 Evolución del consumo de biocombustibles

Según la OCDE-FAO (2016), el consumo de biocombustibles se incrementó rápidamente desde 556 MBPD<sup>27</sup> en el 2002 a 2 557 MBPD en el 2015,<sup>28</sup> lo que significa un crecimiento anual de 13.6%. En el caso del Etanol, los principales consumidores son Brasil y Estados Unidos. En el año 2015, Brasil representó el 25% del consumo total de etanol, mientras que Estados Unidos representó el 46%. En el caso del biodiesel, Europa representó el 39% del consumo total.<sup>29</sup>

**Gráfico N° 6: Consumo mundial de biocombustibles (MBPD)**



Fuente: OCDE-FAO (2015). Elaboración: GPAE-Osinergmin

Según el Biofuels Barometer de EurObserv'ER, en el 2015 el consumo de biocombustibles en la UE ascendió a 14 millones de toneladas equivalente de petróleo<sup>30</sup>. Seis países concentraron el 69% del consumo total de biocombustibles para el transporte en la UE,

<sup>27</sup> Miles de barriles por día

<sup>28</sup> Fuente: OCDE-FAO Agricultural Outlook (Perspectivas Agrícolas) 2016-2025. En: <http://stats.oecd.org/>

<sup>29</sup> Ibídem.

<sup>30</sup> De acuerdo a British Petroleum una tonelada equivale aproximadamente a 7.33 barriles.

siendo el más importante Francia con 21%, seguido por Alemania (18%), Suecia (8%) e Italia (8%). En términos de tipo de combustible, el biodiesel y bioetanol concentran el 99% del consumo de biocombustibles para el transporte (ver Cuadro N° 4).

**Cuadro N° 4: Consumo de biocombustibles para el transporte en la UE, 2015\*. (Toe)**

País	Bioetanol	% Bioetanol	Biodiesel	% Biodiesel	Otros biocombustibles	Consumo Total
Francia	433 839	16%	2 562 445	23%	0	2 996 284
Alemania	756 449	28%	1 780 716	16%	41 798	2 578 964
Reino Unido	405 020	15%	520 270	5%	0	925 289
Italia	21 926	0.8%	1 131 175	10%	0	1 153 101
España	181 850	7%	788 667	7%	0	970 518
Suecia	136 270	5%	849 181	8%	105 933	1 091 384
Otros	807 483	29%	3 521 531	32%	1 911	4 330 924
<b>Total</b>	<b>2 742 837</b>	<b>100%</b>	<b>11 153 985</b>	<b>100%</b>	<b>149 642</b>	<b>14 046 464</b>

\*Valores estimados. Toe = Toneladas equivalentes de petróleo.

Fuente: Biofuels Barometer – EUROBSERV'ER (2016)

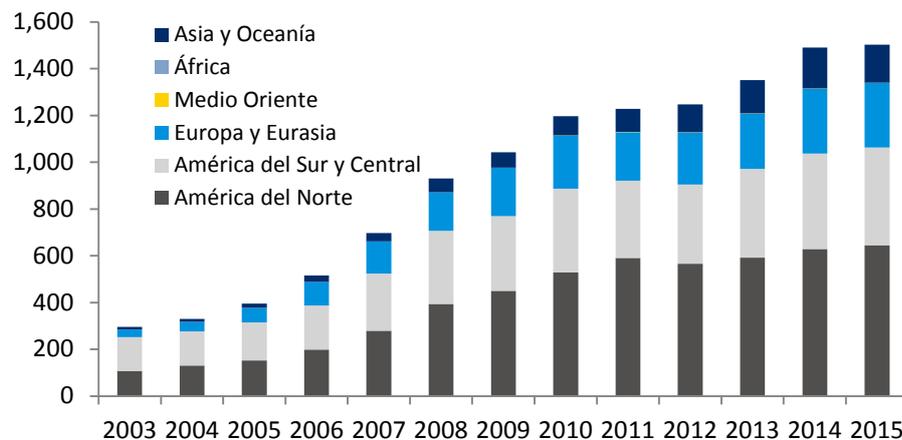
### 3.3 Evolución de la oferta (plantas, capacidad de producción, localización)

Según la IEA,<sup>31</sup> los biocombustibles comenzaron a producirse a finales del siglo XIX. En los años de la década de 1940, debido a la caída de los precios de los combustibles fósiles se detuvo la producción de biocombustibles. El interés por la producción de biocombustibles reapareció a mediados de los años 1970, básicamente para su comercialización en el sector transporte. En esta época, Brasil producía etanol a partir de la caña de azúcar y Estados Unidos, a partir del maíz. En los últimos diez años, la producción de biocombustibles ha tenido un mayor crecimiento.

Según British Petroleum, la producción global de biocombustibles aumentó desde 295 MBPD en el año 2003 a 1 503 MBPD en el año 2015. Según la IEA, en el 2011, los biocombustibles representaron el 3% del combustible utilizado en el transporte por carreteras y en algunos países alcanzó una mayor participación. Por ejemplo, el biocombustible representó el 21% del combustible usado en Brasil para el transporte por carreteras, mientras que en Estados Unidos representó el 4%.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> International Energy Agency (2011). Technology Roadmap. Biofuels for Transport, pp. 10.

<sup>32</sup> International Energy Agency (2011). Technology Roadmap. Biofuels for Transport, pp. 11.

**Gráfico N° 7: Producción mundial de biocombustibles (MBPD)**

Fuente: British Petroleum

Según EurObserv'ER, al 2014, la capacidad de producción de biodiesel instalada en Europa alcanzaba los 7 millones de toneladas, con Francia como el país que concentra el 39%, seguido de Alemania (23%), Finlandia (17%) e Italia (12%). En términos del número de plantas, en Alemania se localizan 9 plantas de producción, mientras que en Francia cuenta con 7 plantas. La empresa con la mayor capacidad de producción es Avril (2.7 millones de toneladas) y se localiza en Francia.

**Cuadro N° 5: Capacidad de producción de las principales empresas productoras de Biodiesel en Europa**

Empresa	País	Número de plantas	Capacidad de producción (Toneladas)
<b>Avril (antes Sofipetrol)</b>	Francia	Francia (7), Alemania (2), Italia (2), Austria (1), Bélgica (1)	2 700 000
<b>Neste Oil</b>	Finlandia	Finlandia (2), Países Bajos (1)	1 180 000
<b>ADM Biodiesel</b>	Alemania	Alemania (3)	975 000
<b>Infinita (Musim Mas)</b>	España	España (2)	600 000
<b>Marseglia Group (Ital Green Oil and Ital Bi Oil)</b>	Italia	Italia (2)	560 000
<b>Verbio AG</b>	Alemania	Alemania (2)	450 000
<b>Eni</b>	Italia	Italia (1)	300 000
<b>Petrotec</b>	Alemania	Alemania (2), España (1)	185 000

Fuente: Biofuels Barometer – EUROBSERV'ER 2015<sup>33</sup>

Según la misma fuente, en el 2014 la capacidad de producción de bioetanol en Europa superó los 5.7 mil millones de litros. En términos del número de plantas, en Francia se localizan 12 plantas de producción, mientras que Alemania, España, Reino Unido y República Checa, cuentan todos con 3 plantas. La empresa con la mayor capacidad de producción es Abengoa

<sup>33</sup> El Biofuels Barometer de 2015 es el último que incluyó esta estadística.

Bioenergy (1.3 mil millones de litros). Es importante recalcar también que los insumos más utilizados son los cereales, el trigo y el jugo de azúcar refinada.

**Cuadro N° 6: Capacidad de producción de las principales empresas productoras de Bioetanol en Europa**

Empresa	País	Número de plantas	Capacidad de producción (Millones de litros)	Materia Prima
<b>Abengoa Bioenergie</b>	España	España (3), Países bajos (1), Francia (1)	1 281	Cebada, trigo, maíz, fracción renovable de residuos municipales
<b>Crop Energies</b>	Alemania	Alemania (1), Bélgica (1), Francia (1), Reino Unido (1)	1,200	Jugo de azúcar, trigo, maíz, triticale
<b>Tereos</b>	Francia	Francia (6), Rep. Checa (3), Bélgica (1), Reino Unido (1)	1 260	Jugo de azúcar, trigo
<b>Cristanol</b>	Francia	Francia (4)	550	Jugo de azúcar, trigo
<b>Vivergo</b>	Reino Unido	Reino Unido (1)	420	Trigo
<b>Agrana</b>	Austria	Austria (1), Hungría (1-50%)	420	Trigo, maíz
<b>Verbio</b>	Alemania	Alemania (2)	340	Cereales (principalmente centeno)
<b>Agroetanol</b>	Suecia	Suecia (1)	250	Trigo

Fuente: Biofuels Barometer – EUROBSERV'ER 2015

### Nuevos tipos de biocombustibles

Respecto al desarrollo de biocombustibles cuyo insumo principal no es un cultivo agrícola ligado a alimentos se encuentran, en primer lugar, las algas. Según Sims et al. (2008) las algas son una de las plantas que más rápido crecen y para ello consumen menos agua. La conversión del aceite de alga a biodiesel es similar a la del aceite vegetal. El problema es que la cantidad de aceite que producen es baja y sus costos de capital son altos. Los métodos de producción se pueden dar, según el documento, en estanques abiertos o foto bioreactores cerrados pero los primeros tienen el problema potencial de la contaminación con otros organismos que reduzcan la producción de algas. Una posibilidad es hacer el cultivo principalmente en reactores cerrados y trasladar una parte a un estanque abierto hasta antes de la contaminación (p. 83).

Según los mismos autores, en los últimos años se han brindado fondos para la investigación de este cultivo en países desarrollados como Estados Unidos y Nueva Zelanda pero aún no son comercialmente viables. Asimismo, indican que una ventaja de las algas es que no compite con las tierras agrícolas o agua dulce ya que se puede cultivar en el mar en las zonas costeras. No obstante, citan una investigación realizada para la IEA el 2008 en la que se

concluye que superar las barreras técnicas de producción no era el único obstáculo pues las barreras prácticas ligadas a ubicación, uso de tierra, etc. tomarían tiempo en ser removidas.

El segundo biocombustible que, según los autores, se ha estado desarrollando es el biodiesel hidrogenado proveniente de la llamada hidrogenación catalítica y craqueo de aceites y grasas. Se convierten triglicéridos en biodiesel sintético de alta calidad y dado que el hidrógeno también se genera en las refinerías sería plausible producirlo en un proceso derivado, lo cual ahorra costos de producción dado que la infraestructura y logística ya está instalada.

En tercer lugar mencionan el Éter de Dimetilo que se produce del carbón o gas natural pero también de la materia prima de la biomasa, no es tóxico y puede usarse en el transporte, calefacción o cocina. Puede combinarse con el GLP o sustituirlo aprovechando la infraestructura ligada al primero, lo cual es costoso si la infraestructura no existe.

De acuerdo a estos autores, se ha producido biocombustibles convirtiendo el “syngas” -monóxido de carbono más hidrógeno ( $\text{CO}+\text{H}_2$ )- en metanol, que luego se destila y se deshidrata catalíticamente. Aunque se proponen otros métodos, aún es muy caro el desarrollo de una planta dedicada a su producción.

En cuarto lugar, mencionan el gas natural biosintético, producido mediante digestión anaeróbica, gasificación supercrítica de agua o a partir de la biomasa relativamente seca a través de la gasificación y metanización. Debido a que tiene características similares al gas natural, tendría la posibilidad de ser distribuido por la misma red de ductos. Según los autores, es similar al GNL y al GNC como combustible vehicular.

En quinto lugar, consideran el Diésel por pirolisis ya que la pirolisis es una rápida forma de conseguir bioaceite de partículas más grandes de la materia prima de biomasa que con otros métodos de gasificación, por lo que resulta más barato y necesita menos insumo de energía. Según los autores, la biomasa se calienta indirectamente y los gases de la pirolisis son enfriados rápidamente, obteniéndose el biocombustible en forma líquida condensada. El problema con este biocombustible, según los autores, es que al ser un ácido su manipulación y almacenamiento es caro, además de que es muy inflamable. No obstante, bajo condiciones controladas se puede producir una mayor cantidad y el sólido carbonizado residual se usa en el proceso de calentado y secado de la biomasa. Bajo diversos procesos como la hidrodeoxigenación el bioaceite resultante puede transformarse en un buen sustituto del diésel.

El hidrógeno es el sexto combustible mencionado por su alto contenido energético por unidad de peso, tiene alta flexibilidad de uso y almacenamiento, aunque su producción es cara por la infraestructura necesaria y su baja densidad de energía por unidad de volumen. Es producido de diversas fuentes de energía primarias pero sobre todo del gas natural. Es denominado el combustible del futuro, pero su alto costo actual lo hace inviable.

En séptimo lugar, mencionan el Bio N-butanol que es producido de la fermentación de la biomasa, sustituye al etanol con mejor calidad y puede combinarse con las gasolinas y el diésel. Finalmente, mencionan el *P-series fuel* que es un combustible desarrollado por la Pure Energy Corporation de Estados Unidos. Es una mezcla de diversos compuestos químicos como etanol, butano, pentanos, alcanos y metiltetrahidrofurano, la cual puede ser ajustada según el uso al que quiera ser destinado.

Con respecto a las potencialidades que tiene Latinoamérica con respecto a la producción y comercialización de la segunda generación de biocombustibles, a partir de lo expuesto por BNAmericas (2013), se puede destacar el importante potencial que tiene Brasil para la producción de biocombustibles de segunda generación, los cuales pueden mitigar y hasta eliminar las controversias que actualmente existen sobre el impacto de la promoción de biocombustibles en la seguridad alimentaria dado que esta nueva generación no utiliza como materia prima a productos que en principio fueron destinados al consumo humano de alimentos. Además, Brasil cuenta con importantes recursos para la producción de este tipo de biocombustibles a partir de residuos que deja la industria de la caña de azúcar, la cual es una de las más importantes en este país por el desarrollo de la industria de etanol; sin embargo, estas tecnologías se encuentran aún en etapa de evaluación por lo que no se ha efectuado todavía su desarrollo a escala comercial. En Brasil ya se puso en operación una planta de etanol 2G a cargo de GranBio que tiene una capacidad de producción de 82 MMl/año utilizando como materia prima al bagazo de caña, paja y caña energética.

BNAmericas (2013) destaca que actualmente se tiene el reto de generar biocombustibles para aviones dado que la Comunidad Europea viene presionando para que las aerolíneas reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual abre un nicho importante para la nueva generación de biocombustibles. Al respecto algunas aerolíneas ya realizan vuelos con una proporción de biocombustibles como la alemana Lufthansa y la chilena LAN Airlines (hoy Latam) quienes vienen encabezando esta tendencia.

Serna F., Barrera L. y Montiel H. (2011) analizan los diversos aspectos positivos que se derivan de la producción de los biocombustibles tales como la seguridad energética, la

disminución de los gases de efecto invernadero, la ampliación de la frontera agrícola, entre otras. Los autores concluyen que los biocombustibles de generaciones superiores contribuirían a aprovechar en mayor medida dichos beneficios, dado que éstos se producen a partir de la biomasa, y mitigaría el efecto sobre los precios de los alimentos al no apropiarse de los insumos necesarios para producirlos y no competiría con éstos.

Faaij et al. (2014) realizan un estudio para el periodo 2010 – 2030 del costo de los biocombustibles de primera y segunda generación a partir del análisis de 74 escenarios que cubren 5 biocombustibles diferentes producidos con 8 posibles insumos, con 8 distintos procesos de producción agrícola y en 12 países distintos.

Los autores estiman que el rango de costo de los biocombustibles de primera generación es mayor pero existe menos incertidumbre en la estimación. Asimismo, indican que los factores de costos clave en la producción son los laborales, la eficiencia agrícola, la producción de biomasa y los costos de conversión; que la obtención de ganancias depende del tipo de cultivo, el cual a su vez, depende del sistema agrícola y de las preferencias y medios que poseen los agricultores. Asimismo, indican que la producción de los biocombustibles de segunda generación depende entre un 35% y 65% de la optimización de los procesos de conversión y de la eficiencia de la logística de la cadena de oferta (Faaij et al., 2014: 115).

#### El concepto de las biorefinerías<sup>34</sup>

La producción de todos los biocombustibles podría ir desarrollando en mayor medida las llamadas “biorefinerías”, que ya existían en alguna medida desde el siglo XVIII<sup>35</sup> y se espera que su desarrollo demore menos gracias a la experiencia de la industria del petróleo. Ellas podrían aprovechar de mejor manera la biomasa usando los diferentes compuestos resultantes para producir bienes finales o intermedios permitiendo a los sectores agrícola y forestal ser más autosuficientes energéticamente y diversificar sus mercados finales. Sims et al. incluso consideran que, a futuro, las “biorefinerías” podrían incluir procesos integrados industriales y de alimentos.

En otras palabras, podrían generarse múltiples bienes con una sola materia prima aprovechándola al máximo incentivando el reciclaje en cada etapa de producción y del sistema

---

<sup>34</sup> Sub sección basada en el capítulo 8 de Sims et al. (2008).

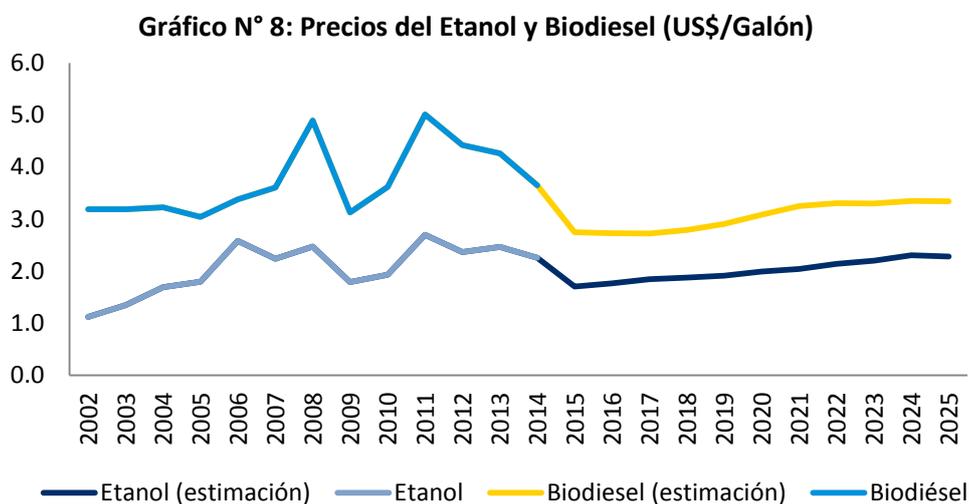
<sup>35</sup> De acuerdo al trabajo de Coppen y Hone de 1995 citado por Sims et al., 2008, pp. 89: *Desde principios del siglo XVIII una serie de productos forestales químicos, basados en sustancias extractivas, fueron la base de una industria forestal próspera, incluidos tano (resinas parcialmente secas), resina de pino (resinas licuadas), trementina (a partir de resinas destiladas), y colofonia (los residuos no volátiles de la destilación de resina). Estos productos eran ampliamente usados en la construcción de barcos de madera y su funcionamiento.* (traducción libre)

de procesamiento de la biomasa. Aunque es difícil estimar los potenciales beneficios que las “biorefinerías” podrían proveer, Sims et al. (2008) afirman que podrían generar múltiples empleos directos e indirectos especialmente en el desarrollo de las zonas rurales así como la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y un aumento en la secuestro del carbono.

### 3.4 Evolución de los precios

A partir de los datos de la OCDE-FAO,<sup>36</sup> los precios promedio del etanol y biodiesel para el 2015 se ubican en 1.7 y 2.7 dólares por galón, respectivamente. Tanto el etanol como el biodiesel han tenido una tendencia decreciente en los precios como se observa en el Gráfico N° 8 con un periodo estable para el etanol y ligeramente creciente para el biodiesel entre 2002 y 2006 donde el precio promedio fue de US\$ 1.7 por galón para el etanol y de US\$ 3.2 por galón para el biodiesel. Luego de 2005 se observa un comportamiento volátil en los precios con un pico en el año 2011; entre 2008 y 2015 el precio promedio fue de US\$ 2.2 por galón para el etanol y US\$ 4 por galón para el biodiesel. La tasa de crecimiento promedio anual entre 2005 y 2015 fue de 0.07% para el Etanol y -1.4% para el biodiesel.

Según proyecciones de la OCDE-FAO,<sup>37</sup> el precio promedio esperado del Etanol para el período 2016-2025 es de US\$ 2.0 por galón y de US\$ 3.1 por galón para el biodiesel.



Fuente: OCDE-FAO (2015)

En el año 2011 se tuvo un pico de US\$ 2.7 por galón para el etanol y de US\$ 5 por galón para el biodiesel luego de los cuales, la OCDE-FAO (2016) predice una reducción

<sup>36</sup> Perspectivas Agrícolas 2014-2023, 2015-2024 y 2016-2025. Bases de datos en <http://stats.oecd.org/>

<sup>37</sup> Perspectivas Agrícolas 2016-2025. Base de datos en <http://stats.oecd.org/>

moderada de los precios entre 2016 y 2025 hasta alcanzar un valor de US\$ 2.3 por galón para el etanol y US\$ 3.3 por galón para el biodiesel.

Una explicación del comportamiento de los precios de los biocombustibles es realizada por Rajcaniova et al. (2013), quienes utilizan un modelo de cointegración y de corrección de errores con información del 2003 al 2010 para determinar el impacto de las políticas aplicadas a los biocombustibles y la determinación de los países que tienen mayor capacidad para determinar el precio de dichos biocarburantes. Concluyen que el precio internacional del etanol en el periodo de análisis estuvo fuertemente influenciado por las políticas adoptadas por Brasil y Estados Unidos, básicamente a través del crédito fiscal de los Estados Unidos y la exoneración de impuestos al consumo de etanol en Brasil. Respecto del biodiesel, los autores encuentran que son esencialmente las políticas adoptadas por la UE las que influenciaron en el precio internacional de este biocombustible, específicamente, las políticas de mezcla obligatoria de biodiesel con el diésel obtenido a partir de la refinación del petróleo y la exoneración de impuesto al consumo de biodiesel fueron las determinantes en el precio.

Respecto a la proyección futura de los precios y el mercado de biocombustibles en general, la OCDE-FAO (2015 y 2016)<sup>38</sup> manifestó que después de los altos niveles presentados durante el 2011, los precios del etanol y del biodiesel presentaron una tendencia a la baja en los años siguientes explicada por la caída de los precios de los *commodities* agrícolas y del petróleo. Asimismo, la OCDE-FAO (2014) mencionó también como hechos importantes una mayor oferta en los países productores y las medidas comerciales aplicadas por la UE contra la importación de biocombustibles en el año 2013.

La OCDE-FAO proyecta que los precios reales del etanol serán 10% más altos en el año 2025 respecto del 2015 debido al control de precios de la gasolina brasileña por encima del precio internacional que incentiva al consumo interno de biocombustibles. Asimismo, indican que la demanda de importaciones se mantendría modesta y la potencial expansión del comercio de Estados Unidos y Brasil sería significativa, por lo que la OCDE-FAO considera que las presiones sobre los mercados internacionales de etanol no serían importantes.

Respecto de la demanda de etanol, la OCDE-FAO (2015) espera que los incrementos en la demanda de este biocombustible se deberá principalmente a Brasil (40% del total) por el incremento de la mezcla máxima obligatoria a 27%, el impulso que brinda a la industria de

---

<sup>38</sup> Los siguientes párrafos previos a la subsección 4.1 sintetizan lo expuesto por la OCDE-FAO (2016) en Perspectivas Agrícolas 2016-2025 en el capítulo de Biocombustibles. En el resto de esta sección, si se menciona únicamente OCDE-FAO se refiere a este documento, en caso contrario se señalará debidamente.

autos de combustible flexible<sup>39</sup> y la política tributaria diferencial favorable. Según la OCDE-FAO Estados Unidos tendría un crecimiento de la demanda limitada por la barrera de mezcla<sup>40</sup> al hecho de que proyecta una caída del uso del petróleo en el país y a un limitado desarrollo de autos de combustible flexible lo que mantendría al país como exportador neto. En la Unión Europea, la demanda se incrementaría gracias al aumento de la mezcla obligatoria en las gasolinas hasta 7.8%, similarmente prevé que economías en desarrollo aumenten su cuota de mezcla aunque el mayor uso no sea en combustibles.

Respecto a la oferta de etanol, la OCDE-FAO espera que las principales materias primas sigan siendo los cereales secundarios y la caña de azúcar con un desarrollo pequeño de etanol a partir de biomasa lignocelulósica (en adelante biomasa). Asimismo, más de la mitad del incremento (modesto) en la producción de etanol se obtendrá en Brasil para cubrir la demanda interna. La producción de etanol en Estados Unidos crecería gracias a los bajos precios del petróleo que incentivarían el uso de gasolinas en el corto plazo. En el largo plazo, la oferta estadounidense decrecería ligeramente por la caída de la demanda de combustibles para el transporte. En la UE, la OCDE-FAO (2016) espera que se alcance la meta de la Directiva de Energía Renovable (DER) de 2009 en el 2020 lo que incentivaría la producción de etanol. Posteriormente, espera que la demanda de gasolina disminuya hacia 2025 y por lo tanto, la de etanol, desincentivando la producción. En el mundo en desarrollo, la entidad proyectó que el crecimiento de la producción se desaceleraría.

En el caso del biodiésel, la OCDE-FAO (2016) proyecta que los precios nominales serán 22% mayores en el año 2025 respecto del 2015, lo cual reflejaría en parte la evolución de los precios del aceite vegetal. Asimismo, considera que el mercado de este bien no se vería influenciado por las fuerzas del mercado, si no por las políticas de los países tal como mencionó en su reporte anterior.

La demanda mundial de biodiesel se incrementaría en 62.9 MMBLS<sup>41</sup>, principalmente en la UE gracias al cumplimiento de la DER 2009 en el 2020, pero luego disminuiría. En Estados Unidos se espera que la mezcla obligatoria según la norma se mantenga en el periodo de análisis. El país ha eliminado el crédito fiscal en el 2014 y la barrera de mezcla del etanol provocarían una caída de la demanda de este último. El biodiesel obtendría una participación

---

<sup>39</sup> Según la EIA, el vehículo de combustible flexible es un vehículo que puede operar con combustible alternativo como el metanol o etanol, con gasolinas o una mezcla de ambos tipos de combustible. Estos vehículos tienen un mismo sistema de combustible para manejar tanto combustibles derivados del petróleo como alternativos.

<sup>40</sup> Según OCDE-FAO (2015), la norma de mezcla de etanol para vehículos convencionales de gasolina posteriores al año 2000 en Estados Unidos es del 15%. No obstante, la gasolina con 10% de etanol sigue siendo el más comercializado.

<sup>41</sup> 10 mil millones de litros multiplicados por el factor de conversión 0.00629 barriles por litro (Fuente: EIA).

que cerraría la brecha avanzada relacionada a la importación de caña de azúcar<sup>42</sup> a pesar de la caída en el consumo de diésel (OCDE-FAO 2015, 2016). En Brasil, el aumento del porcentaje de mezcla de biodiesel a 7% incrementaría la demanda interna (OCDE-FAO, 2015).

Respecto de la oferta de biodiesel se espera que a 2025 la producción crezca un 33% respecto de 2015 donde la UE siga siendo el principal productor y alcanzaría su mayor nivel en el 2020 al alcanzar la meta de la DER. La OCDE-FAO considera que es la política y no el mercado el que seguirá influyendo en la producción. Estados Unidos alcanzaría una producción correspondiente al cumplimiento de la norma obligatoria debido al cese del crédito fiscal (OCDE-FAO, 2015, 2016). Las importaciones de la costa este de Estados Unidos ayudarían a Argentina a incrementar en 50% su producción. Brasil se mantendría como el tercer productor mundial. Países como Indonesia, Malasia incrementarían su participación mundial.

La OCDE-FAO (2015, 2016) afirma que el desarrollo reciente de los biocombustibles fue debida principalmente a las políticas vigentes, el crecimiento económico mundial y los precios altos del crudo. Actualmente, la situación es diferente por lo que se esperaría que el desarrollo de los biocombustibles en el mercado se ralentice y la investigación se desincentive. La caída de los precios y la menor dependencia del petróleo de los grandes productores de biocombustibles podrían poner a la seguridad energética (razón principal para ellos) en menor prioridad. También observa que las políticas a futuro no han sido definidas. En el caso de la UE hasta ahora no se ha decretado las medidas para después de 2020 y la EPA de Estados Unidos ha dado señales de querer reducir las normas obligatorias. Por lo tanto, la producción se basará en los biocombustibles de materias primas agrícolas que pueden tener efectos en el medio ambiente y el uso de suelos.

---

<sup>42</sup> Según la OCDE-FAO (2014) “la brecha avanzada corresponde a la diferencia entre el requisito avanzado y los requisitos de biodiésel y celulósico. Corresponde a combustibles capaces de lograr una reducción de 50% en gases de efecto invernadero. El etanol a base de caña de azúcar califica como biocombustible avanzado.”, pp. 133.

**Recuadro N° 1**

Respecto a evidencia empírica de la elasticidad del precio de los biocombustibles se puede mencionar el estudio de Becerra (2012) quien estimó mediante métodos paramétricos de series de tiempo la curva de demanda de etanol para Estados Unidos usando como variable dependiente el logaritmo de la demanda de etanol y como variables independientes los logaritmos del (i) precio del etanol, (ii) del precio de la gasolina (bien sustituto) y (iii) el valor final automotriz (PBI automotriz). Utilizó una base de datos anual del año 1981 al 2009. Los parámetros resultantes del modelo se resumen en el siguiente cuadro:

**Resultados de la estimación del modelo de demanda de etanol para Estados Unidos**

<b>Variables dependientes</b>	<b>Coefficiente</b>
Log(Precio de etanol)	-4.37
Log(Precio de gasolina)	5.47
Log(Valor Final Automotriz)	0.09

Fuente: Becerra (2012)

De los resultados de este modelo se infiere que la demanda de etanol es muy elástica a su precio. Esto lo explica por la amplia gama de sustitutos que presenta. Por otro lado, el autor infiere que la demanda de etanol es aún más elástica respecto al precio de la gasolina, dado que ambas (gasolina y etanol) son sustitutos casi perfectos y por tanto presenta un alto grado de sustitución; sin embargo el coeficiente para la elasticidad ingreso del etanol resultó ser muy bajo, dando evidencia de que es un producto no tan necesario para los consumidores.

En esta sección se ha aprendido que el desarrollo de los biocombustibles ha sido posible principalmente por el contexto mundial favorable de la década pasada, léase precios altos del petróleo, una demanda de combustibles en crecimiento y una mayor preocupación por la seguridad energética y el medio ambiente. La mayoría de los países han implementado políticas de cuotas de mezcla para ayudar al desarrollo de los cultivos a partir de los cuales se producen los biocombustibles de primera generación.

Asimismo, se ha aprendido que la evolución de los precios y el consumo de los biocombustibles ha sido principalmente influenciado por las políticas implementadas por los dos más grandes productores de etanol y biodiesel, Brasil y Estados Unidos; que el cambio en el patrón de consumo con un menor precio de petróleo crudo tenderá a reducir la viabilidad de los biocombustibles, se reduzca su desarrollo y su investigación. No obstante, se han mencionado varios biocombustibles de segunda generación que podrían desarrollarse, así como el concepto de biorefinerías donde se podrían aprovechar economías de escala y de ámbito al poder procesar la biomasa para varios productos y concatenar al sector agrícola.

El hecho que el desarrollo de los biocombustibles haya estado ligado a las políticas de los países denota que el mismo se ha viabilizado a través de la utilización de mercados cautivos en los que los productores de combustibles fósiles deben adquirir biocombustibles para realizar la mezcla sin importar lo alto o bajo que esté el precio internacional de los mismos o si el costo nacional de producción es alto.

El que se haya encontrado en una investigación para Estados Unidos que la demanda de etanol no es un bien importante en el consumo refuerza el hecho de que su desarrollo no es por el funcionamiento natural del mercado.

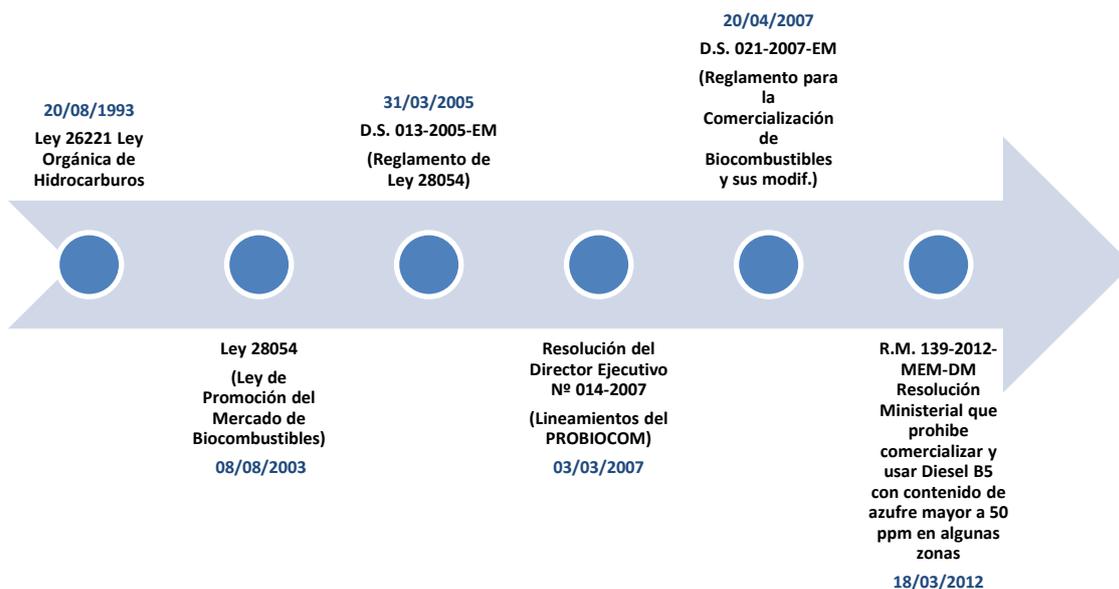
En el caso de Perú, se considera importante llevar a cabo una evaluación comprensiva del efecto ambiental que está teniendo la producción/importación y el consumo nacional de biocombustibles desde el punto de vista económico y ambiental, de manera que se evalúe el impacto de la política de cuotas de mezcla implementada hasta el momento y la pertinencia de su continuación, especialmente en un contexto de precios del petróleo bajos.

A continuación se realiza la descripción de los aspectos institucionales y legales implementados en el país respecto de los biocombustibles, así como información de la oferta y demanda nacionales.

#### **4. Mercado local de biocombustibles**

##### **4.1 Marco institucional y regulatorio**

El mercado de biocombustibles empezó a desarrollarse a partir de la promulgación de la Ley N° 28054, Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, en el año 2003; la cual establece el marco general sobre el cual se viene desarrollando este mercado; específicamente, con el objetivo último, entre otros, de diversificar el consumo de combustibles. En concordancia con la Ley Orgánica de Hidrocarburos, la Ley 28054 tiene como propósito promover el desarrollo del mercado de biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica.

**Gráfico N° 9: Evolución de la Normativa sobre el Mercado de Biocombustibles**

Fuente: DSR- Osinermin

Así, para la consecución del propósito de la referida ley, se plantean un conjunto de políticas generales a implementar. Un primer grupo está relacionado con la investigación y el desarrollo tecnológico y un segundo grupo está relacionado al mercado mediante el incentivo a la participación privada y a la demanda. Finalmente, el tercer grupo se relaciona con la promoción de la producción en la selva dentro del Programa de Desarrollo Alternativo Sostenible (Art. 3°).

El artículo 5° de esta ley establece un Programa de Cultivos Alternativos, el cual tiene como objetivo la elaboración de proyectos promotores de la inversión privada y fondos de Cooperación Internacional en la ceja de selva para obtener biocombustibles. Los proyectos serán elaborados en conjunto por DEVIDA (Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas), los Gobiernos Regionales y la Agencia de Promoción de la Inversión Privada - Proinversión.

Por otro lado, la Primera Disposición Complementaria y Transitoria de la Ley crea el PROBIOCOM a cargo de Proinversión, y que tiene como objetivo “promover las inversiones para la producción y comercialización de biocombustibles y difundir las ventajas económicas, sociales y ambientales de su uso.”

Asimismo, en la Ley también se establece la creación de una Comisión Técnica Interinstitucional encargada de elaborar el cronograma de porcentajes de aplicación y uso del etanol y el biodiesel, y de proponer un programa de sensibilización a los usuarios. Esta

Comisión está conformada por el MEM, Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri), Proinversión, DEVIDA, la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) y la Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles.

Posteriormente, en el reglamento de la Ley aprobado mediante el D.S. 013-2005-EM, se establece como objetivo “la promoción de inversiones para la producción y comercialización de biocombustibles”. En el reglamento se establece que los productores nacionales de Alcohol Carburante y de Biodiesel deben presentar al MEM, en el mes de enero de cada año, sus planes de producción quinquenal de Alcohol y de Biodiesel, detallando el volumen de producción mensual y el área geográfica en la cual se realizará. Además, los distribuidores mayoristas de combustibles líquidos debidamente registrados en el MEM son los únicos autorizados a comprar Alcohol Carburante y Biodiesel en el mercado nacional.

Por otro lado, el Reglamento también establece que DEVIDA proporcionará la información necesaria a los Gobiernos Regionales y al Minagri sobre las áreas que requieran de Programas de Cultivos Alternativos, con la finalidad de promocionar la producción de biocombustibles en la selva (véase síntesis normativa en el Cuadro N° 7).

Adicionalmente, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y las universidades incentivarán la creación y desarrollo de nuevas tecnologías para la producción, comercialización y distribución de biocombustibles.

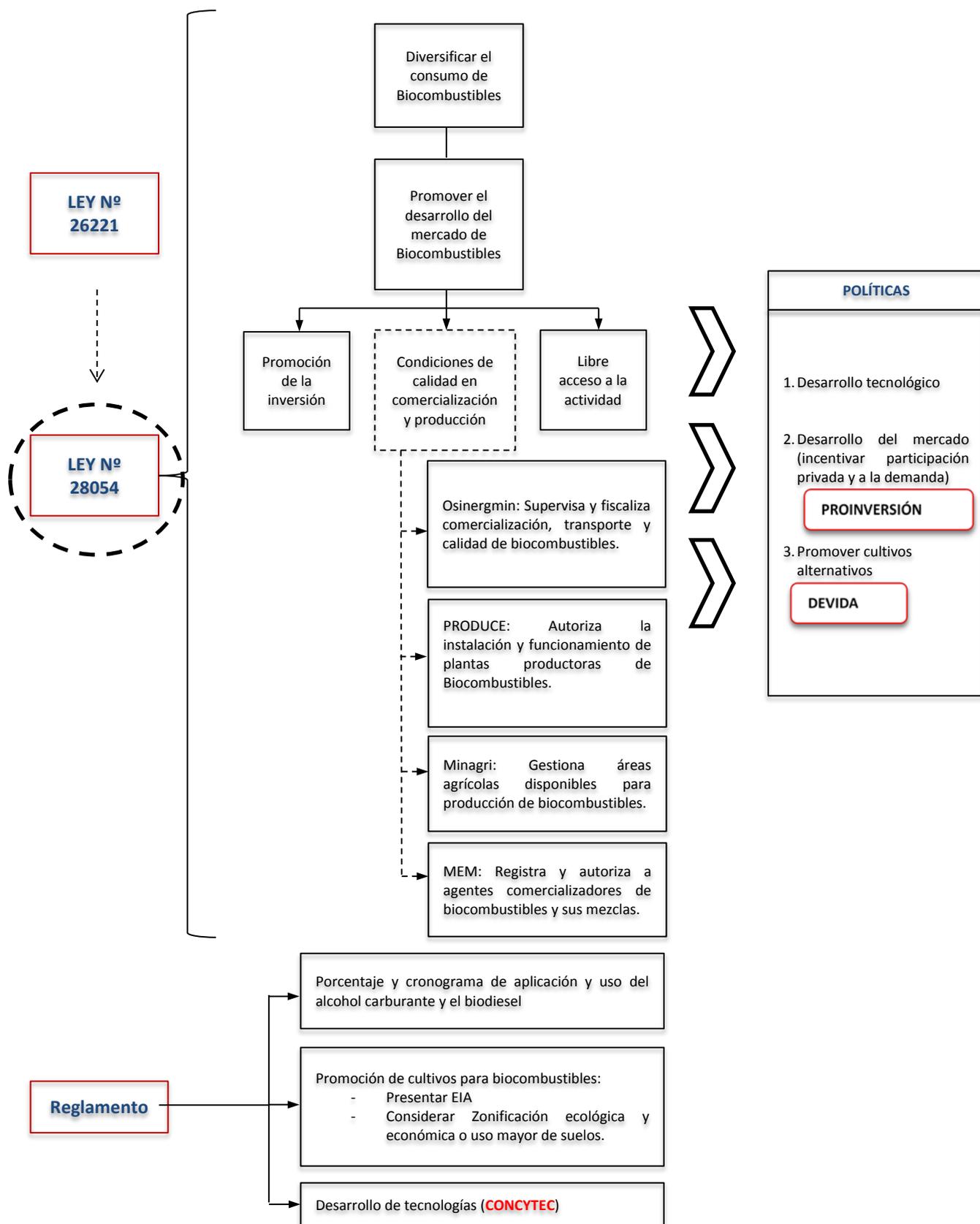
El 20 de abril del 2007 se aprobó el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles mediante el D.S. 021-2007-EM,<sup>43</sup> el cual tiene como objetivo establecer los requisitos para la comercialización y distribución de los biocombustibles, así como lo referente a las normas técnicas de calidad de los biocombustibles. En lo que respecta al último punto, las características técnicas del alcohol carburante y del biodiesel B100<sup>44</sup> se establecen en las correspondientes Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el Instituto Nacional de la Calidad (Inacal) adscrito al Ministerio de la Producción (antes las aprobaba Indecopi). Estas características técnicas o especificaciones de calidad deben ser garantizadas por el productor mediante un certificado de calidad. Es en este reglamento en que se establecen claramente las competencias de cuatro organismos, como se describe en el Cuadro N° 8.

---

<sup>43</sup> Modificado mediante D.S. 064-2008-EM (27/12/2008) y D.S. 091-2009-EM (29/12/2009).

<sup>44</sup> Biodiesel puro, sin mezcla alguna.

**Cuadro N° 7: Normatividad del Mercado de Biocombustibles**



Fuente: DSR - Osinergmin

Elaboración: Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) - Osinergmin

### Cuadro N° 8: Competencias de los organismos estatales vinculados a la comercialización de biocombustibles

<b>MEM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otorga las autorizaciones a los agentes de la Cadena de Comercialización de Combustibles Líquidos facultados para las mezclas de Alcohol Carburante y Biodiesel B100 con Gasolinas y Diesel N° 2, respectivamente, así como a la comercialización, transporte y consumo de dichas mezclas.</li> </ul>
<b>Osinergmin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encarga de la supervisión y fiscalización de la comercialización y la calidad de los biocombustibles y de sus mezclas.</li> <li>• Emite el Informe Técnico Favorable (ITF) correspondiente a las modificaciones y/o ampliaciones de las instalaciones necesarias para la comercialización.</li> <li>• Osinergmin tiene estas competencias respecto de las refinерías y plantas de abastecimiento.</li> </ul>
<b>PRODUCE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encarga de otorgar autorizaciones para la instalación y funcionamiento de las plantas productoras de Biocombustibles. En proyectos que involucran cultivos coordina con el Minagri.</li> </ul>
<b>Minagri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encarga de identificar y promover el desarrollo de las áreas disponibles con aptitud agrícola para la producción de biocombustibles en el país.</li> </ul>
<b>Inacal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encarga de aprobar las Normas Técnicas Peruanas que establecen las características técnicas del alcohol carburante y el Biodiesel B100.</li> </ul>
<b>OEFA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisar y fiscalizar el cumplimiento de la normativa vigente sobre la conservación y protección del medio ambiente en exploración, explotación, producción, transporte, almacenamiento, procesamiento, distribución y comercialización de combustibles líquidos.</li> </ul>

Fuente: D.S. N° 021-2007-EM y sus modificatorias (D.S. N° 064-2008-EM y D.S. N° 091-2009-EM), Ley N° 29325 Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, D.S. N° 001-2010-MINAM Cronograma de transferencias y la Resolución de Consejo Directivo N° 001-2011-OEFA/CD.

Adicionalmente, es necesario mencionar el D.S. 091-2009-EM que modificó el D.S. 021-2007-EM. Su relevancia radica en que establece que se debe implementar el uso del gasohol de manera progresiva a lo largo del territorio nacional. Además, el mismo establece que el Osinergmin sea el encargado de establecer los procedimientos para la inspección, mantenimiento y limpieza de tanques y otras instalaciones y equipos necesarios que garanticen la calidad del gasohol. Los procedimientos fueron comunicados a las empresas a través de capacitaciones entre diciembre de 2009 y agosto de 2010.<sup>45</sup> El Procedimiento para la Inspección, Mantenimiento y Limpieza de Tanques de Combustibles Líquidos, Biocombustibles y OPDH fue aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo (RCD) N° 063-2011-OS/CD.

Respecto a la supervisión de la calidad de los combustibles debe mencionarse que mediante RCD N° 400-2006-OS/CD se aprobó el Procedimiento para el Control de Calidad de

<sup>45</sup> Fuente: Caballero (2010).

los Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de Hidrocarburos. En concordancia con lo dispuesto en el D.S. N° 021-2007-EM se aprobó el Procedimiento de Control de Calidad de los Biocombustibles y sus Mezclas mediante la RCD N° 206-2009-OS/CD y sus modificatorias. Al año siguiente, la RCD N° 195-2010-OS/CD incorporó a la RCD N° 400-2006-OS/CD el control de la calidad de las mezclas de Combustibles Líquidos con Biocombustibles en Unidades Operativas de Venta al Público y dejó el control de la calidad en Refinerías, Plantas de Abastecimiento, Terminales y sus operadores a la RCD N° 206-2009-OS/CD.

Sin embargo, debido a que las dos resoluciones tenían “una finalidad común” y cubrían “una misma necesidad regulatoria”, se unieron los dos procedimientos de control de calidad en el “Procedimiento de Control de Calidad de Combustibles Líquidos, Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos, Biocombustibles y sus Mezclas”, el cual es aplicable a nivel nacional y fue aprobado mediante la RCD N° 133-2014-OS/CD de julio de 2014.

A grandes rasgos el procedimiento consta de los siguientes pasos: (i) Osinergmin toma dos muestras de cada producto directamente de los tanques, surtidores y/o dispensadores, (ii) una muestra es analizada por un laboratorio acreditado por Osinergmin y la otra se mantiene bajo custodia en el mismo laboratorio, (iii) la calidad del Biodiesel B100 y del alcohol carburante se verifica de acuerdo a las Especificaciones Técnicas de Calidad (Norma Técnica Peruana) aprobadas por el Inacal (antes las aprobaba el Indecopi), (iv) si se cumple con las especificaciones técnicas de calidad la segunda muestra será retirada de custodia por los supervisados, caso contrario se procederá a su eliminación, (v) si el supervisado está en desacuerdo con los resultados puede solicitar un ensayo de dirimencia ante Osinergmin. Finalmente, si se incumple con lo dispuesto en el procedimiento, las Especificaciones Técnicas y tolerancias se considerarán como infracción administrativa sancionable según el mismo procedimiento y demás normas aplicables. Osinergmin aplicará la sanción de acuerdo a lo especificado en la Tipificación y Escala de Multas y Sanciones de Hidrocarburos.

Adicionalmente a la normativa referida a la calidad de los biocombustibles, la legislación peruana brindó beneficios tributarios para incentivar su producción y desarrollo.

#### *Beneficios tributarios de los biocombustibles en el Perú*

En primer lugar, es necesario aclarar que los beneficios tributarios corresponden a la producción del biocombustible previo a su venta para la mezcla con la gasolina y el diésel.

De acuerdo a información publicada por el Minagri (2007) y presentada por World Products Trading S.A.C. (2011) para la Gerencia de Regulación Tarifaria de Osinergmin, el

etanol está sujeto al pago del impuesto selectivo al consumo (ISC) con una tasa del 20% debido a que pertenece a la subpartida arancelaria correspondiente a los alcoholes etílicos desnaturalizados.<sup>46</sup> El biodiesel está exento del ISC.

Por otro lado, el etanol y el biodiesel son bienes a los que se les aplica los beneficios incluidos en la Ley de Promoción de la Inversión en la Amazonía Ley 27037, es decir, pagan un impuesto a la renta del 10% y no pagan IGV. Asimismo, están incluidos en el marco de los convenios de estabilidad tributaria (Minagri, 2007).

Asimismo, no están incluidos en los productos beneficiarios de la Ley 27360 Ley de Promoción Agraria (etanol, biodiesel de soya, palma o aceites reciclados), la cual les brindaría el beneficio de una depreciación del 20% de las inversiones en obras de infraestructura hidráulica y obras de riego, un pago del impuesto a la renta del 15% y la recuperación anticipada del pago del IGV (incluyendo el impuesto de promoción municipal) por adquisición de bienes de capital e insumos, entre otros.

Las medidas tributarias implementadas o aplicadas desde la normativa vigente permiten brindar una mayor facilidad para el ingreso de los productores de biocombustibles a la actividad al reducirle los costos, y así, expandir la producción de los mismos y aprovechar las economías de escala. Sin embargo, estas medidas también originarían una distorsión al mercado de combustibles puesto que los precios relativos resultantes no serían los que resultan del libre mercado. En suma, puede utilizar insumos de otras industrias y aumentarles los costos. Asimismo, al ser producidos en Perú en zonas que cuentan con beneficios tributarios pueden ser objeto de arbitraje (se compra los combustibles finales en las zonas más baratas y se venden en las zonas sin beneficios tributarios), perjudicando al erario nacional. En todo caso, sería recomendable estudiar el efecto acumulado de las medidas implementadas.

Luego de presentar las instituciones involucradas en el sector y el marco normativo, la siguiente subsección resume las principales disposiciones de la normativa para la comercialización de biocombustibles a nivel nacional.

---

<sup>46</sup> De acuerdo al inciso a) del artículo 56 del Texto Único Ordenado de la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo, aprobada por Decreto Supremo N° 055-99-EF, el ISC expresado en porcentaje corresponde al Sistema al Valor, donde la base imponible es “1) el valor de venta, en la venta de bienes, 2) el valor en aduana más los Derechos de Importación. [...]” (el subrayado es nuestro).

#### 4.2 ¿Cuáles son las principales reglas para la comercialización de biocombustibles?

De acuerdo a la normativa peruana, el desarrollo del mercado de biocombustibles se lleva a cabo sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica.

En este contexto, se deduce que los precios de los biocombustibles están determinados por la oferta y la demanda. En el caso de las mezclas, con el diésel o gasolinas, al ser aún un derivado del petróleo, la determinación de los precios de los productos mezclados se realiza de acorde al artículo 77° de la Ley Orgánica de Hidrocarburos, es decir, también por la oferta y demanda.

Por su parte, el fomento del consumo de biocombustibles se realiza a través de la determinación de porcentajes de la mezcla de biocombustibles con productos derivados del petróleo (específicamente, entre el etanol y las gasolinas y, el biodiesel con el diésel). Asimismo, se ha fomentado a través de la fijación del cronograma de aplicación del uso de biocombustibles a nivel nacional.

El Decreto Supremo (D.S.) N° 021-2007-EM establece que el porcentaje en volumen de Alcohol Carburante en la mezcla gasolina – alcohol carburante que podrá comercializarse en el país será de 7.8% y se le denominará Gasohol, según el grado de octanaje: Gasohol 97 Plus, Gasohol 95 Plus, Gasohol 90 Plus y Gasohol 84 Plus. Además, mediante el citado D.S., se establece que el Gasohol podrá ser comercializado en todo el país, en las condiciones establecidas en la norma y a partir del 1 de enero del 2010, el Gasohol será de uso obligatorio en todo el país y reemplazará a todas las gasolinas de motor.

En cuanto al porcentaje de Biodiesel B100 en la mezcla con Diésel derivado del petróleo que se comercialice en el país, ésta será desde 2% hasta 20%. No está permitida la comercialización en proporciones diferentes a las que se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 9: Composición del Diésel comercializado**

<b>% Vol. Biodiesel B100</b>	<b>% Vol. Diésel N° 2</b>	<b>Denominación</b>
<b>2</b>	<b>98</b>	<b>Diésel B2</b>
<b>5</b>	<b>95</b>	<b>Diésel B5</b>
<b>20</b>	<b>80</b>	<b>Diésel B20</b>

Fuente: División de Supervisión de Regional (DSR) - Osinergmin

Mediante el D.S. N° 021-2007-EM se estableció que el Diésel B2 se puede comercializar en todo el país. Además, a partir del 1 de enero de 2009 la comercialización de Diésel B2 ha sido obligatoria en todo el país, en remplazo del Diésel N° 2 y a partir del 1 de enero de 2011 la comercialización de Diésel B5 ha sido obligatoria en todo el país, en remplazo del Diésel B2.

En cuanto a las metas de acceso, el D.S. N° 024-2011-EM se estableció el siguiente cronograma de implementación para la comercialización del gasohol.

**Cuadro N° 10: Cronograma de implementación del Gasohol en Perú**

Departamento	Fecha de inicio
Piura y Lambayeque	01 de abril de 2010
Tumbes y Cajamarca	01 de mayo de 2010
La Libertad y Ancash	01 de junio de 2010
Huánuco	01 de julio de 2010
Pasco	01 de agosto de 2010
Junín	01 de septiembre de 2010
Lima y la Provincia Constitucional del Callao	15 de julio de 2011
Ica	01 de diciembre de 2011
Huancavelica	01 de diciembre de 2011
Ayacucho	01 de diciembre de 2011
Apurímac	01 de diciembre de 2011
Cusco	01 de diciembre de 2011
Arequipa	01 de diciembre de 2011
Puno	01 de diciembre de 2011
Moquegua	01 de diciembre de 2011
Tacna	01 de diciembre de 2011

Fuente: DS N° 024-2011 - EM

A la fecha no se ha establecido un cronograma para la implementación obligatoria del gasohol en las regiones de Amazonas, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, el cual deberá ser promulgado por una Resolución Ministerial.

Finalmente, se creó el Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles (PROBIOCOM) con la finalidad de promover la inversión en la producción y comercialización de biocombustibles. Para ello, Proinversión, encargada por Ley de este programa, aprobó la directiva sobre los lineamientos del PROBIOCOM, identificando cinco grupos temáticos de trabajo, los lineamientos y las entidades coordinadoras y participantes de cada grupo de trabajo.

**Cuadro N° 11: Lineamientos del PROBIOCOM**

<b>Grupo</b>	<b>Temas-Lineamientos</b>	<b>Participantes</b>
Promoción del consumo, aspectos tributarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponer un programa de promoción del consumo de biocombustibles en el Perú.</li> <li>- Evaluar la aplicación del ISC con criterio de proporcionalidad al índice de nocividad de los combustibles (Ley 28694).</li> </ul>	<b>Coordinador:</b> Minam <b>Participantes:</b> MEM, Petroperú, MEF, DEVIDA
Normas técnicas, ensayos sobre mezclas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer Normas Técnicas Peruanas que salvaguarden la calidad, funcionamiento de los vehículos y protección del medio ambiente.</li> <li>- Al mismo tiempo debe tener un espíritu inclusivo de la variedad de cultivos que pueden ser producidos en el Perú.</li> <li>- Generar información científica sobre los efectos de las mezclas en el parque automotor peruano.</li> </ul>	<b>Coordinador:</b> Proinversión <b>Participantes:</b> MEM Petroperú
Reglamento de comercialización y competencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formular el reglamento de comercialización de biocombustibles.</li> <li>- Definir las entidades competentes en: plantas de producción, comercialización parque automotor, venta directa (minería, industria, empresas), micro-producción.</li> <li>- Facilitar la especialización institucional y a la vez la coordinación de los distintos mercados de biocombustibles.</li> <li>- Definir los programas de fortalecimiento de las entidades competentes.</li> </ul>	<b>Coordinador:</b> MEM <b>Participantes:</b> Osinergmin PRODUCE Minagri
Exploración agrícola y asociatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer una red de instituciones: Minagri, PROINVERSIÓN, Gobierno Regional, Gobierno Local, asociaciones de productores, para facilitar la inversión privada en biocombustibles.</li> <li>- Identificación de terrenos hábiles para producción sostenible, proyectos piloto, estaciones experimentales, Joint-ventures y alianzas.</li> <li>- Promover alianzas entre grandes y pequeños productores.</li> <li>- Promover la formación de asociaciones de pequeños productores.</li> </ul>	<b>Coordinador:</b> Minagri <b>Participantes:</b> Proinversión Minam Sierra Exportadora
Desarrollo tecnológica y cooperación internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover el desarrollo de nuevos cultivos (proyectos piloto, experimentación) y tecnologías de producción.</li> <li>- Promover las nuevas aplicaciones de biocombustibles.</li> <li>- Promover la transferencia tecnológica.</li> <li>- Coordinar los centros de innovación (CITE), fondos concursables I+D y recursos de cooperación internacional para el desarrollo tecnológico.</li> </ul>	<b>Coordinador:</b> PRODUCE <b>Participantes:</b> Minagri, CONCYTEC, DEVIDA Sierra Exportadora

Nota: La Tercera Disposición Complementaria Final del Decreto Legislativo 1013 que crea el Ministerio del Ambiente (Minam) indica que el primero absorbe al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y que "Toda referencia hecha al Consejo Nacional del Ambiente - CONAM - o a las competencias, funciones y atribuciones que éste venía ejerciendo, una vez culminado el proceso de fusión, se entenderá como efectuada por el Ministerio del Ambiente."

Fuente: Directiva N° 004-2007-Proinversión aprobada por Resolución de Consejo Directivo N° 014-2007-PCM.

En el Perú se han implementado medidas similares a países que incentivan el desarrollo de los biocombustibles como medidas tributarias, obligación de certificados de calidad y cuotas de mezcla volumétrica. Una de las principales diferencias es que la cuota de mezcla en varios países de Europa está dirigida al porcentaje del consumo final de energía en el transporte procedente de los biocombustibles y ya en países como Alemania los requerimientos están asociados al porcentaje de ahorro de GEI. Otra diferencia con Europa son las medidas proteccionistas a los cultivos insumo de biocombustibles que aún implementan.

Una diferencia con países de la región es la capacidad productiva, primeramente, porque el potencial de los biocombustibles ha sido desarrollado con anterioridad (Brasil) o cuentan con una industria del cultivo insumo mayor (Argentina). En cambio en el Perú se ha tenido que dar medidas para incentivar la investigación de cultivos no alimentarios que sirvan para producir biocombustibles ya que el desarrollo de estos era nulo.

En las dos subsecciones anteriores se han descrito el marco regulatorio, las principales reglas y se ha comparado con la experiencia internacional. En la siguiente sección se describe la evolución del mercado de biocombustibles en el Perú.

### **4.3 Evolución del Mercado de Biocombustibles en el Perú**

#### *Empresas participantes, plantas, capacidades y localización*

En el Gráfico N° 10 se muestra la ubicación de las diferentes plantas productoras de biocombustibles en el Perú de acuerdo a información de la DSR. En Piura, existen dos empresas dedicadas a la producción de etanol; una de ellas es Caña Brava, la cual está formada por Agrícola del Chira S.A., Sucroalcolera del Chira S.A., y Bioenergía del Chira S.A. Estas empresas pertenecen al Grupo Romero, corporación que maneja empresas en 6 grandes sectores como el consumo masivo, agricultura, energía, industria, servicios logísticos, marítimos y portuarios y servicios empresariales. De acuerdo a la web del Grupo Romero, Caña Brava produce 370 mil litros diarios de etanol en un área de 9 400 hectáreas de caña de azúcar. De acuerdo al Anuario Estadístico de Producción Agrícola y Ganadera 2015 del Minagri, la producción de caña de azúcar para etanol sólo se llevó a cabo en Piura.

La otra empresa es el Grupo Gloria que adquirió en el año 2015 el proyecto de etanol de Maple Energy por US\$ 108 millones debido principalmente a las necesidades de Maple de liquidar el negocio y reducir sus deudas.<sup>47</sup> El proyecto comprendía una plantación de caña de azúcar, una planta de etanol, y una central térmica de 37 MW e inició operaciones a fines de marzo del 2012 en Piura. Estos activos habrían sido integrados al negocio de etanol en Cartavio y Casagrande del Grupo Gloria. No se cuenta con información sobre si la planta de Maple seguirá destinada al negocio del biodiesel. El grupo tiene en Perú empresas en actividades de alimentos, cemento y nitrato, agroindustria, papeles y cartones y logística.

---

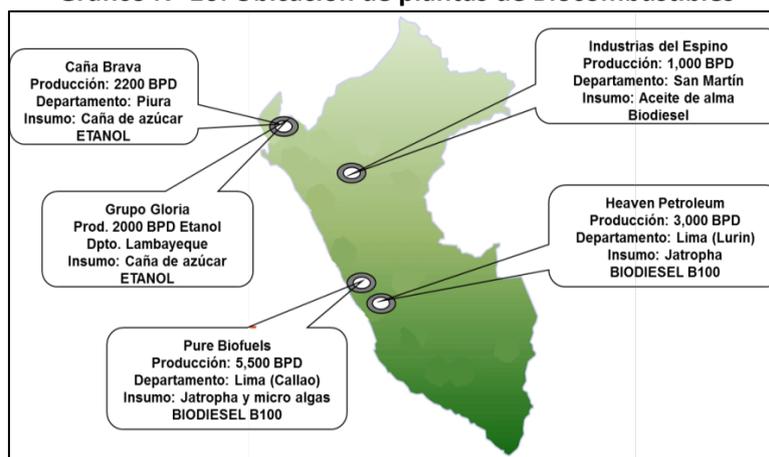
<sup>47</sup> Análisis disponible en: [http://semanaeconomica.com/article/infraestructura/energia/157984-maple-energy-y-los-riesgos-que-evaporaron-su-negocio-de-etanol-en-el-peru/?utm\\_source=boletin&utm\\_medium=matutino&utm\\_campaign=2015-04-08&hq\\_e=el&hq\\_m=765375&hq\\_l=4&hq\\_v=5933508075](http://semanaeconomica.com/article/infraestructura/energia/157984-maple-energy-y-los-riesgos-que-evaporaron-su-negocio-de-etanol-en-el-peru/?utm_source=boletin&utm_medium=matutino&utm_campaign=2015-04-08&hq_e=el&hq_m=765375&hq_l=4&hq_v=5933508075) (Último acceso el 16/05/2016)

Por otro lado, en el departamento de San Martín se encuentra la empresa Industrial de Espino, miembro del Grupo Palmas que a su vez pertenece al Grupo Romero. La empresa produce biodiesel en base al aceite de palma. El Grupo Palmas está dedicado a productos de consumo masivo, industrial y el biodiesel. Cabe señalar que en el Reporte de Sostenibilidad 2013-2014, el Grupo Palmas indica haber paralizado la producción de biodiesel “[...] por prácticas de competencia desleal, por proveedores internacionales [...]” (Grupo Palmas, 2014: 29).

En el departamento de Lima, se encuentra la empresa Heaven Petroleum Operators del grupo HPO Corp., que tiene instalada su planta para producir biodiesel a partir de jatropha. Sin embargo, según la DSR actualmente no está operando. El grupo HPO Corp. es mejor conocido por la estación de servicio Herco en Lurín. El grupo opera tanto como comercializador mayorista, planta de abastecimiento de combustibles líquidos, OPDH y procesamiento de biocombustibles. Recientemente ha iniciado actividades como planta de compresión de gas natural.

También en Lima se ubica la empresa Pure Biofuels del Perú S.A.C. de la estadounidense Pure Biofuels Corporation, la cual tiene instalada su planta de producción de biodiesel a partir de jatropha y micro algas. La DSR indica que tampoco está produciendo. Esta empresa es la de mayor capacidad de producción en el Perú y una de las más grandes en América Latina.

**Gráfico N° 10: Ubicación de plantas de Biocombustibles**



Fuente: DSR

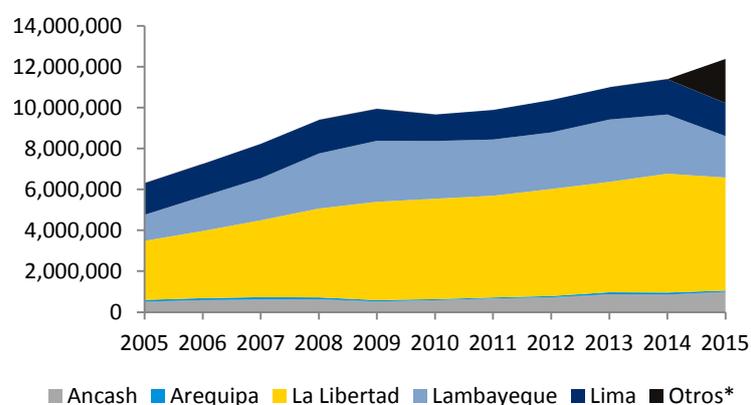
### Evolución del consumo, producción, importación-exportación (y precios FOB y CIF)

En octubre de 2012 el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) suscribió el Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional para el “Apoyo a la Investigación y la

Promoción de la producción y Uso de los Biocombustibles en el Perú” junto con Petroperú, DEVIDA, Proinversión y el Consejo Interregional Amazónico (CIAM). Mediante el Convenio se desea colocar al Perú como un líder en la producción y uso de fuentes renovables de energía. De acuerdo a lo reportado por INIA, esta “investigará y validará los paquetes tecnológicos que identifique al cultivo que puede ser utilizado como insumo para la producción de biocombustible y brindará la asistencia técnica a los agricultores. El CIAM proveerá tierras a inversionistas privados (5 mil a 10 mil hectáreas por proyecto productivo) vía venta y/o concesión en las regiones involucradas para plantaciones a nivel comercial. DEVIDA promoverá la sustitución de cultivos ilegales, en base a los paquetes tecnológicos validados por el INIA. PROINVERSION buscará la participación de inversionistas privados que aporten recursos financieros y proveerá asistencia técnica para el desarrollo de asociaciones público privadas. PETROPERU asegurará el mercado a precios de paridad de importación y proveerá las especificaciones técnicas para productos e insumos, entre otros.”<sup>48</sup>

El principal insumo para la elaboración de etanol es la caña de azúcar. De acuerdo a información del Minagri, la producción de este insumo se incrementó de manera progresiva desde el año 2005 hasta el año 2009, para luego reducirse en el año 2010, retomando la tendencia alcista entre los años 2011 – 2014. En este último año se produjeron 11.4 millones de toneladas y en el 2015 se redujo a 12.4 millones. El departamento que produjo la mayor cantidad de caña de azúcar en el año 2015 fue La Libertad (5.5 millones de toneladas), seguido por Lambayeque (2 millones de toneladas). De acuerdo a nueva información desagregada publicada por el Minagri, el cultivo de caña de azúcar para etanol totalizó 1.3 millones de toneladas en el 2015, todas en la región de Piura y representó el 10% del total producido.

**Gráfico N° 11: Producción de caña de azúcar por departamentos (Toneladas)**

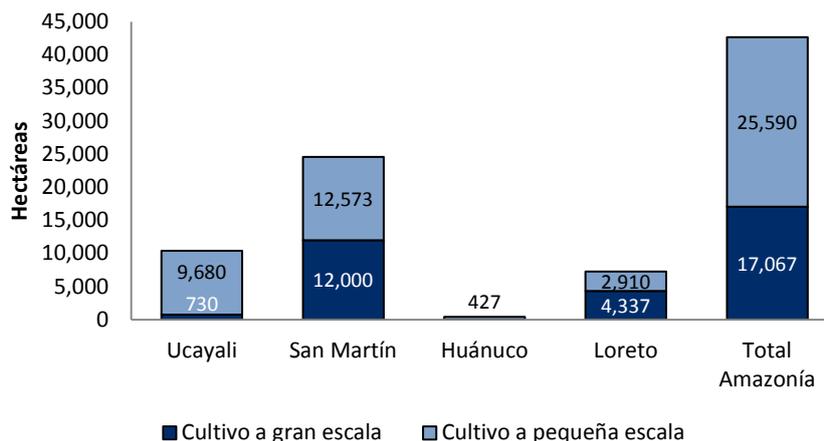


Fuente: Minagri. Elaboración: GPAE - Osinergmin

<sup>48</sup> Fuente: INIA. Recuperado el 13/05/2016 en: <http://www.inia.gob.pe/sala-de-prensa/notas-de-prensa/240-inia-firma-convenio-para-promover-produccion-de-biocombustibles-en-el-peru>

Por otro lado, según Bruinsma (2009), en el 2009 el Perú tenía un área total de cultivo de palma aceitera de 42 657 hectáreas (Has), siendo los departamentos de Ucayali y San Martín los que abarcaron la mayor parte de dicha área con un 82% del total de áreas sembradas entre ambos departamentos distribuidos en un 60% por siembra a pequeña escala, mediante familias campesinas con menos de 20 hectáreas, y un 40% por siembra a gran escala.

**Gráfico N° 12: Cultivo de palma aceitera por departamento y escala productiva**



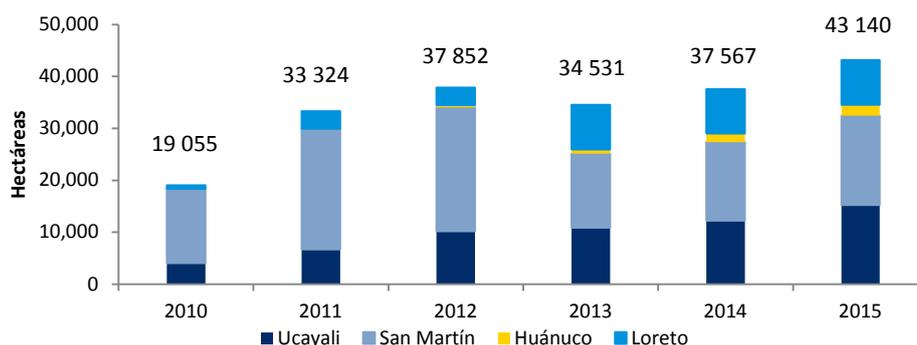
Fuente: Bruinsma (2009). Elaboración: GPAE - Osinergmin

Según los datos del Anuario de Producción Agrícola del Minagri, la superficie cosechada de palma aceitera (un aproximado del área sembrada) ha crecido. En 2010, la cosecha abarcó 19 mil Has mientras que en 2015 fue de 43.1 mil Has.

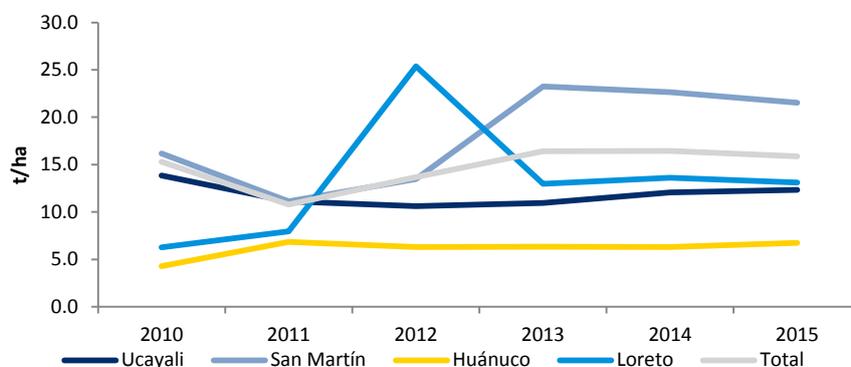
Por su parte, el rendimiento en toneladas por hectárea (t/ha) ha tenido una evolución diversa. El rendimiento agregado, no obstante, tuvo una reducción durante los años 2011 y 2012, se recuperó durante el 2013 y 2014 y ha caído ligeramente en el 2015.

Por otro lado, Carmen Masías, presidenta ejecutiva de DEVIDA en 2012 afirmó que en el país unas 20 mil Has eran cultivadas por grandes empresas privadas y otras 20 mil por pequeños productores.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Fuente: Diario La República 24/10/2012. Recuperado el 13/05/2016 en: <http://larepublica.pe/24-10-2012/apuestan-por-cultivos-para-producir-biodiesel-en-el-pais>.

**Gráfico N° 13: Superficie cosechada de palma aceitera por departamento 2010-2015**

Fuente: Minagri. Elaboración: GPAE - Osinergmin

**Gráfico N° 14: Rendimiento por hectárea de palma aceitera por departamento 2010-2014 (t/ha)**

Fuente: Minagri. Elaboración: GPAE - Osinergmin

Bruinsma (2009) expuso que la producción a gran escala de palma aceitera se realizaba principalmente a través de 5 grandes empresas, entre las cuales se encontraba la empresa privada “Palmas del Espino”. Esta empresa posee la planta más grande a nivel nacional, ubicada en Tocache y perteneciente al grupo Romero. Esta se dedica al proceso de extracción de aceite crudo, refinado y elaboración de biodiesel. En segundo lugar, la planta extractora de aceite “Oleaginosas Amazónicas” (OLAMSA) establecida con apoyo financiero de las Naciones Unidas. Además, están las plantas de “Oleaginosas Padre Abad” (OLPASA) en Campo Verde (Ucayali), “Oleaginosas del Perú” (OLPESA) en Tocache (San Martín) e “Industria de Palma Aceitera de Loreto y San Martín” (INDUPALSA), las cuales se crearon en base a un proyecto de DEVIDA y las Naciones Unidas; por último está la planta de extracción de aceite INDUPALSA en Caynarachi.

Posteriormente, el Minagri publicó en 2012 un análisis de la situación del cultivo de la palma aceitera. Las empresas involucradas fueron las mismas con la adición de Palmas del

Shanusi, empresa del Grupo Palmas del Grupo Romero, a la que también pertenece Palmas del Espino.

**Cuadro N° 12: Capacidad de planta  
por principales empresas productoras de palma aceitera**

Planta de Extracción	Capacidad de planta (Tm/hora) (2009)	Capacidad de planta (Tm/hora) (2012)
Palmas del Espino	30	30
Palmas del Shanusi		30
OLAMSA	18	36
INDUPALSA (Caynarachi)	6	6
OLPESA	6	10
OLPASA (ASPASH)	6	6

Fuente: Bruinsma (2009), Minagri (2012).

La producción de jatropha (piñón blanco, otro insumo para biodiesel), según el informe de Bruinsma (2009), era muy escasa, estando recién en la etapa de investigación y experimentación en el 2009. La autora citó entre las más importantes empresas a la empresa alemana ENEROPEX Perú S.A. (actualmente en liquidación), que dividió semillas para 3 mil Has a los pequeños productores de Ucayali; la organización Nuevo Amanecer, mediante su empresa SEMPALMA, sembró 25 hectáreas de jatropha con el apoyo de la Organización Alemana del desarrollo (DED). Por otro lado, se cita al Instituto Nacional de Investigación e Extensión Agraria (INIA) y al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) quienes realizaron investigaciones y experimentaciones de jatropha a pequeña escala. Entre las empresas dedicadas a la extracción de aceite crudo de jatropha, Bruinsma (2009) resaltó a la empresa privada Biohiquerol y la DED.

El desarrollo del cultivo en San Martín ha sido importante. En particular, en septiembre de 2011, la Dirección Nacional Agraria (DRA) de la Región San Martín reportó que el área cultivable disponible había alcanzado las 600 Has. Asimismo, reportó que la inversión privada hasta esa fecha había sido de más de 2 millones de soles. A través del proyecto Promoción del Piñón, la DRA San Martín brinda asistencia técnica en el mantenimiento de parcelas y promueve la formación y formalización de los productores. Adicionalmente, la mencionada institución firmó acuerdos de colaboración para el desarrollo del cultivo de piñón con las empresas Verdal RSM Perú SAC y LS Biofuels<sup>50</sup> y se habían establecido otras 6 empresas

<sup>50</sup> Fuente: Gobierno regional San Martín. Recuperado el 30/06/2016 en <http://www.regionsanmartin.gob.pe/noticias.php?codigo=2234>.

(COOPALP, VWP Latinoamérica SAC, Agrobiofuels, ONASOR del Oriente, Andahuasi, Francisco Tello Perú).<sup>51</sup>

En febrero de 2012, cuatro empresas extranjeras estaban en condiciones de sembrar a gran escala en San Martín. Verdal (Italia) tenía 350 Has y proyectaba llegar a 10 mil Has, Agrobiofuels (Estados Unidos) tenía 80 Has de prueba, VWP Latinoamérica SAC (Alemania) tenía 45 Has de ensayo y 1 056 Has en total, Francisco Tello (España) ensayaba en 19 Has.<sup>52</sup>

En 2014, de acuerdo al INIA, se tenía instaladas cerca de 1 400 Has para el cultivo de jatropha en San Martín, mientras que en 2015, Antonio García del INIA indicó que ya se tenían casi 3000 Has.<sup>53</sup>

**Cuadro N° 13: Área de cultivo de palma aceitera (jatropha) por las principales empresas productoras**

Departamento/Organización	Área total de jatropha (Ha) (2009)	Área total de jatropha instalada (Ha) (2014)
<b>Departamento de Ucayali</b>	<b>532</b>	<b>N.D.</b>
ENEROPEX	500	En liquidación.
SEMPALMA	25	N.D.
IIAP	5	N.D.
INIA	2	N.D.
<b>Departamento de San Martín</b>	<b>557</b>	<b>1 368.5</b>
INIA	10	5
CFC/DED	80	40
CEDISA	60	40
Gobierno Regional San Martín	348	168.5
VWP Latino América SAC	45	45
Onasur del Oriente	6	8
Grupo Tello	8	10
Agrobiofuels Perú	-	40
Verdal	-	1 000
Proyecto Agencias Agrarias - GTZ	-	12

N.D.: No disponible

Fuente: Bruinsma (2009), EEA “El Provenir” - INIA (2014)

En el texto previo se ha descrito los diferentes grupos económicos y organizaciones involucradas en la producción de biocombustibles y las áreas de cultivo desde los cuales se obtienen los insumos para la producción de estos.

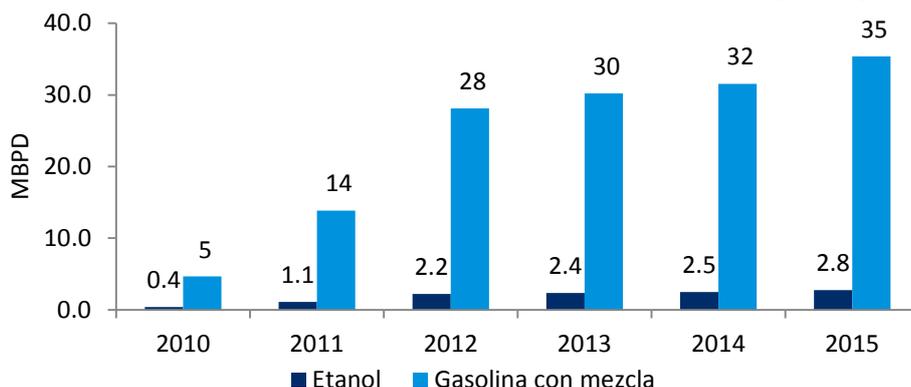
<sup>51</sup> Fuente: <http://www.connuestroperu.com/economia/gas-y-energia/20230-aumentan-a-600-el-numero-de-hectareas-de-cultivo-de-pinon-blanco-en-san-martin> (Recuperado el 13/05/2016).

<sup>52</sup> Fuente: Agro Negocios Perú. Recuperado el 13/05/2016 en: [http://www.agronegociosperu.org/noticias/270212\\_n1.htm](http://www.agronegociosperu.org/noticias/270212_n1.htm).

<sup>53</sup> Fuente: INIA. Recuperado el 13/05/2016 en: <http://www.agraria.pe/noticias/mas-de-500-mil-familias-podrian-beneficiarse-10022>.

A continuación, se describirá la demanda de biocombustibles en el país relacionada al cumplimiento de la normativa. En el Gráfico N° 15 se muestra la demanda de etanol y de gasolina con mezcla a partir de información del MEM. La demanda de etanol fue de 0.4 MBPD en el 2010 creciendo a 2.2 MBPD en el 2012 y 2.8 MBPD al 2015, mientras que la demanda de gasolina con mezcla creció de 5 MBPD en 2010 a 28 MBPD en 2012 y 35 MBPD en el 2015.<sup>54</sup>

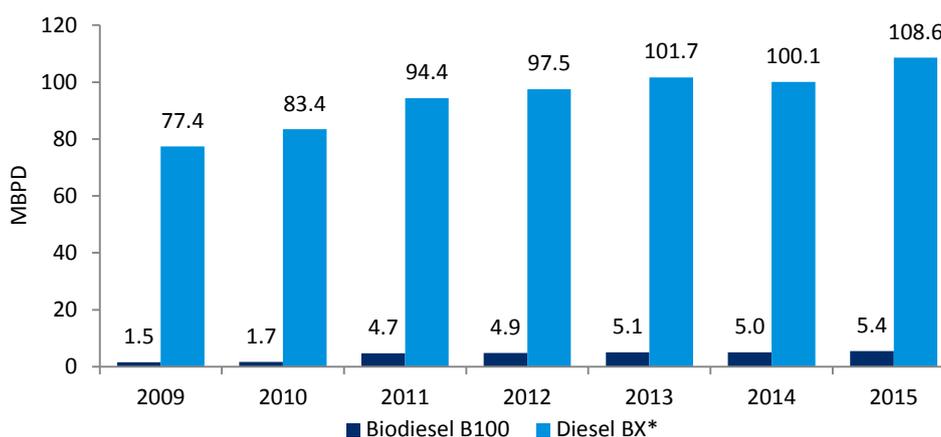
**Gráfico N° 15: Demanda del Etanol y de Gasolina con mezcla (MBPD)**



Fuente: MEM

En el Gráfico N°16 se observa que la demanda del biodiesel ha venido aumentando debido a la existencia de porcentajes de mezcla establecidos en el Reglamento de Comercialización de Biocombustibles. En el reglamento se estableció que el volumen del biodiesel en la mezcla debe ser del 2% obligatoriamente desde el 2009 (B2) y de 5% desde el 2011 (B5).

**Gráfico N° 16: Demanda del Biodiesel (MBPD)**



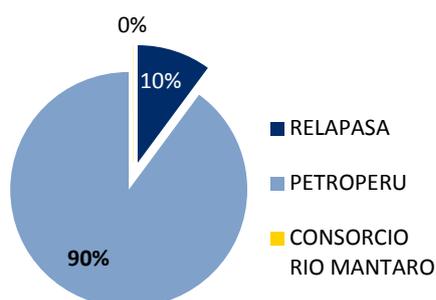
\*Incluye Diésel B2, B5, B5 S-50 y B5 GE

Fuente: MEM

<sup>54</sup> Se calcula la demanda de etanol teniendo en cuenta la proporción del mismo que debe estar presente en los gasoholes de acuerdo a la normativa.

En el año 2015, las importaciones de alcohol carburante fueron ligeramente superiores a los 40 millones de dólares FOB y 502 MBLS, siendo Petroperú la principal empresa importadora (90%), seguido por RELAPASA (10%). Casi la totalidad de las importaciones de este biocombustible provinieron de Estados Unidos (99.99%).<sup>55</sup> Cabe señalar que las importaciones equivalen a 1.4 MBPD, lo cual muestra que alrededor del 50% de la demanda de etanol sería cubierta por la producción nacional.

**Gráfico N° 17: Importaciones de Alcohol Carburante (Etanol) 2015**



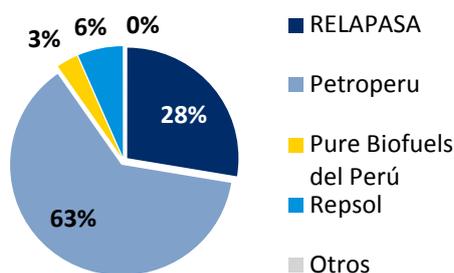
Fuente: SUNAT

Por otro lado, las importaciones de biodiesel en el 2015 fueron de 374 millones de dólares FOB, alcanzando los 2 009 MBLS en volumen. La principal empresa importadora fue Petroperú (63%), seguida de RELAPASA (28%) Repsol Trading Perú (6%), Pure Biofuels (3%). La mayor parte de las importaciones provinieron de Argentina (57%) y España (27%).

El volumen importado equivale a 5.5 MBPD, lo cual concuerda con la demanda estimada en el Gráfico N° 16 teniendo en cuenta las mermas producidas por el transporte del combustible a las refinerías y con lo comentado anteriormente de que las plantas de producción de biodiesel no estarían produciendo, una de ellas debido a la competencia proveniente del extranjero, que tiene a su favor medidas proteccionistas. En ese sentido, cabe preguntarse si es viable la producción de biodiesel y destinar cantidades importantes de hectáreas de selva al cultivo de la palma y jatropha si resulta más económica la importación.

<sup>55</sup> Cabe señalar que el Perú exporta una cantidad muy pequeña de etanol. De acuerdo a la información de Aduanas, en el 2015 se exportaron 11 litros de etanol, principalmente a Holanda.

**Gráfico N° 18: Importaciones de Biodiesel 2015, por empresa importadora (%)**

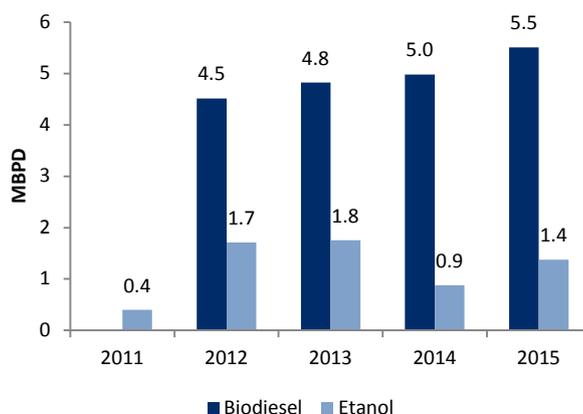


Fuente: SUNAT

En esta subsección se ha podido observar que el incentivo al desarrollo de proyectos de cultivo de insumos para la producción de biocombustibles ha tenido como resultado el incremento de las áreas de cultivo y de la investigación de las especies más apropiadas para ello. Especialmente exitoso ha sido el caso de la palma aceitera; sin embargo, se ha enfrentado al inconveniente de la competencia del mercado internacional y del proteccionismo de algunos países que han llevado a que las empresas productoras de biodiesel no produzcan y las refinerías tengan que importar todo el insumo.

La evolución de las importaciones de los últimos años muestra que la demanda nacional se cubre en una gran proporción por medio de estas. En efecto, en el 2015 la demanda estimada de etanol fue de 2.8 MBPD mientras que las importaciones fueron de 1.4 MBPD, el 50%. Más evidente es el caso del biodiesel, donde, como ya se mencionó en un párrafo anterior, la demanda estimada fue de 5.4 MBPD y se importó 5.5 MBPD.

**Gráfico N° 19: Evolución de las importaciones de biocombustibles**



Fuente: Aduanas. Elaboración: GPAE - Osinergmin

Costos de producción

Respecto a los costos de producción, la FAO (Food and Agriculture Organization, 2010) estima los costos de producción para la siembra de caña de azúcar, los cuales se muestran en el Cuadro N° 14. Se puede observar que el costo de producción es de 12.32 US\$/ton, mientras que el costo de producción de pequeños productores es de 26 US\$/ton.

En el 2015, la Gerencia Regional de Agricultura de La Libertad publicó costos de producción de caña de azúcar en Chicama, el cual se estima en 10.75 US\$/ton.<sup>56</sup>

**Cuadro N° 14: Costo de producción de caña de azúcar comercial en la costa**

Rubro	US\$/ha (2010)	US\$/ton (2010)	US\$/ha (2015)	US\$/ton (2015)
Mano de Obra	196.25	1.4	741.74	3.70
Maquinaria	143.35	1.02	428.84	2.14
Costo de Tierra	60	0.43		
Insumos	575.88	4.11	787.64	3.94
Otros	483	3.45	192.68	0.96
Costo de Transporte	266	1.9		
<b>Costo Total</b>	<b>1724.48</b>	<b>12.32</b>	<b>2150.91</b>	<b>10.75</b>

Fuente: FAO (2010), Gerencia Regional de Agricultura – Gobierno Regional La Libertad (2015)

Por otro lado, el costo de producción del etanol anhidro a partir de la caña de azúcar calculado por la FAO (2010) se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 15: Costo de producción de procesamiento de etanol**

Rubro	US\$/litro
Materia prima	0.1531
Fluidos de servicio	0.0239
Costo laboral	0.0027
Mantenimiento	0.0099
Cargos operativos	0.0007
Costos generales de planta	0.0063
Costos generales administrativos	0.0157
Depreciación de capital	<b>0.0542</b>
Co-productos para ferti irrigación	0.0024
<b>Costo total</b>	<b>0.269</b>
Ventas de energía de la co-generación eléctrica	-0.0899
<b>Costo Total neto de ingresos de electricidad</b>	<b>0.1791</b>

Fuente: FAO (2010)

Finalmente, en el siguiente cuadro se presentan los diferentes costos de producción de los biocombustibles de acuerdo al insumo utilizado calculados por la FAO (2010):

<sup>56</sup> El costo total es de 6 671.07 nuevos soles por hectárea. Se convirtió a dólares con el tipo de cambio vigente a la fecha de actualización de los datos, 15/05/2015, según la SBS. El rendimiento por hectárea indicado es de 200 toneladas. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/?q=node/785> (Último acceso: 10/06/2016).

**Cuadro N° 16: Costos de producción de biocombustibles**

<b>Etanol</b>	Caña de azúcar	0.1791 US\$/Litro
	Melaza <sup>1</sup>	0.6372 US\$/Litro
<b>Biodiesel</b>	Palma de aceite <sup>2</sup>	0.2270 US\$/Litro
	Jatropha <sup>3</sup>	0.8012 US\$/Litro

Notas: 1) Costo de oportunidad de agricultores alto, 2) Producción comercial, 3) baja productividad

Fuente: FAO (2010)

En el cuadro se puede observar que los biocombustibles más caros son el biodiesel a partir de jatropha y el etanol a partir de la melaza, mientras que el biocombustible a partir de caña de azúcar es el más barato.

En esta sección se ha descrito el marco institucional y las reglas del sector de biocombustibles implementadas en el país, así como la evolución de la producción y de los agentes que desarrollan los cultivos y hacen posible la producción nacional de biocombustibles. Al respecto, se ha visto que se han implementado medidas similares a otros países, se ha incentivado la investigación y los proyectos de desarrollo de cultivos; no obstante, la producción nacional no ha podido cubrir la demanda de combustibles con mezcla. En particular, la producción nacional de biodiesel ha sido prácticamente paralizada. Algunas de las razones serían la desventaja competitiva con el mercado internacional (todo estaría siendo importado) al haber países con mayor desarrollo de la industria.

Por otro lado, es posible que las medidas tributarias a favor de los productores de biocombustibles originen distorsiones en el mercado de combustibles al incentivar el arbitraje para obtener ganancias adquiriendo en las zonas con exoneraciones y vendiendo en las zonas sin exoneraciones, además de una menor recaudación fiscal.

La lección más importante que se puede desprender de lo reseñado es que las medidas de política implementadas no estarían teniendo todo el efecto deseado de convertir al Perú en un productor importante de biocombustibles de la región, sino que se ha mantenido o agudizado nuestra posición de importador neto al tener que adquirir del extranjero la mayor parte de los insumos para la producción de gasoholes y diésel BX.

Los biocombustibles, desde el inicio de su desarrollo, han tenido defensores y detractores. Diversas instituciones e investigadores han analizado los diferentes efectos que tiene su producción, especialmente desde el punto de vista ambiental, incluyendo los análisis del ciclo de vida, los distintos métodos de producción y cultivos fuente. El siguiente capítulo aborda diversas investigaciones que incluyen temas asociados al comercio internacional (5.1 y

5.2), los problemas asociados al desarrollo de los biocombustibles (regulatorios, ambientales, de mercado) y las diferentes disyuntivas de las políticas de promoción.

## **5. Principales Riesgos y Retos del Mercado de Biocombustibles**

### **5.1 ¿Cuáles son las barreras a la exportación de Biocombustibles?**

Según Furtado (2009), el continente latinoamericano se presenta a nivel internacional como una región que tiene un amplio potencial para las exportaciones de biocombustibles gracias a la alta producción de caña de azúcar y soja, entre otros productos, que son insumo para estos bienes. Suma a este aspecto el hecho de que los países de América Latina han sido tradicionalmente exportadores de materias primas, como los productos agrícolas, por lo que su potencial también se explica por ello.

Sin embargo, indica que este potencial de exportación se ve mermado por parte del principal mercado de los biocombustibles, los países desarrollados, quienes son los que conforman la mayor parte de la demanda mundial del consumo de combustibles derivados del petróleo para el sector de transportes, pero también son importadores netos de productos agrícolas y aún aplican medidas proteccionistas en favor de sus agricultores, principalmente medidas arancelarias y subsidios.

Furtado (2009) identifica a dos países latinoamericanos con importantes condiciones para convertirse en exportadores de biocombustibles dado que ya están posicionados como grandes exportadores de productos agrícolas. Este es el caso de Brasil por su extenso desarrollo en la producción de etanol por medio de la caña de azúcar, así como el caso de Argentina por su potencialmente fuerte producción de biodiesel con aceites vegetales y soja.

Las limitaciones al comercio internacional de biocombustibles, específicamente la exportación de los países en desarrollo hacia el gran mercado europeo y norteamericano dependerá de los resultados de las negociaciones multilaterales o bilaterales. Según el citado autor, las negociaciones de la Organización Mundial del Comercio (OMC) en la Ronda de Doha no han progresado suficientemente en el ámbito de los biocombustibles por la gran carga de barreras comerciales que los países desarrollados tienen para la importación de productos agrícolas competitivos para los países en desarrollo y que son reticentes a reducir. En la Ronda de Doha se quiso acordar la eliminación de barreras no arancelarias y la progresiva extinción de los subsidios internos y a las exportaciones. Los países desarrollados eliminaron las barreras no arancelarias por arancelarias, lo que implicó un aumento de las trabas al comercio.

Asimismo, expresa que las trabas a implementar estos acuerdos crecen también con el pedido de los países industrializados de que los países en desarrollo otorguen medidas favorables respecto a bienes industriales, servicios y se refuerce la propiedad intelectual, donde los últimos no quieren ceder terreno, pues tienen grandes desventajas y su precio es mucho más alto por su gran valor agregado. De acuerdo a la página de la OMC, las rondas de negociación de ministros en Cancún (2003) y Hong Kong (2005) tampoco llegaron a un acuerdo respecto a la continuación del Plan de Desarrollo de Doha.

En el caso de los Estados Unidos, indica que su política fue procurar obtener acuerdos bilaterales con sus socios para evitar la espera de las negociaciones multilaterales de la OMC. Cita como ejemplos la negociación del Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA). Sin embargo, algunos de los acuerdos bilaterales sufrieron entrapamientos como el caso de Colombia o Perú. Otro caso citado de negociaciones bilaterales fue el acuerdo de la UE y el Mercado Común del Cono Sur (MERCOSUR). En este caso se intentó liberalizar el mercado de etanol pero la UE dejó el punto en manos de las negociaciones en la OMC.

En cuanto a la clasificación que se le otorga a los biocombustibles a nivel internacional cabe señalar que, según Furtado (2009), algunos biocombustibles son considerados bienes acabados agrícolas, como el etanol, y por ello les imponen grandes trabas para su ingreso a los mercados. La otra cara de la moneda corresponde a los aceites vegetales quienes son considerados bienes industriales porque son insumo para el biodiesel que se produce en Europa, por lo que sólo se les exige ciertos requisitos de calidad.

La apertura de los bienes industriales en Europa es mucho mayor, por ello el biodiesel accede a Europa con menores barreras, aunque el biodiesel argentino fue gravado con medidas antidumping<sup>57</sup> y posteriormente la OMC indicó que la medida estaba en contra de los compromisos de la UE según el GATT y el Acuerdo Antidumping.<sup>58</sup> No obstante, el mejor ingreso del biodiesel también se debe a que los países europeos ya son importadores estructurales de aceites vegetales. Según Furtado (2009), dichas importaciones evolucionarán dependiendo principalmente de la expansión del mercado de biodiesel.

Finalmente, el autor argumenta que el objetivo a futuro será reforzar a los biocombustibles como un *commodity* a nivel internacional. En particular, el bioetanol soporta

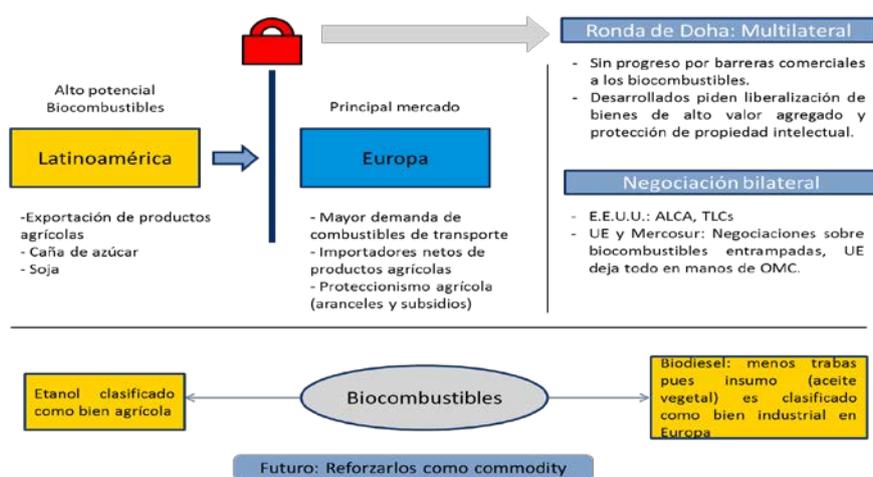
---

<sup>57</sup> <http://www.lahoradelmate.com/noticias/general/item/biodiesel-crece-malestar-por-medidas-desde-europa>. (Último acceso (24/05/2016)

<sup>58</sup> <http://www.valorsoja.com/2016/03/30/la-represalia-europea-contra-la-expropiacion-de-yfp-tiene-los-dias-contados-omc-reconocio-que-el-derecho-antidumping-aplicado-contra-el-biodiesel-argentino-es-una-barrera-para-arancelaria/#.VOR5wrjhCUk>. (Último acceso: 24/05/2016)

altas barreras arancelarias de los países desarrollados no sólo por no ser un *commodity* consolidado sino también porque su principal insumo, el azúcar, es altamente protegido en estos países ya que su demanda es abastecida con la producción nacional y por los acuerdos que favorecen a grupos específicos de países en desarrollo - como es el caso del Protocolo Azucarero con los países de América Central y el Caribe -, heredados de la época colonial. El siguiente gráfico resume los puntos abordados.

**Gráfico N° 20: Diagrama de barreras al comercio de biocombustibles**



Fuente: Furtado (2009), OMC. Elaboración: GPAE-Osinergmin

## 5.2 ¿Cuáles son las nuevas arenas de negociación para los biocombustibles?

Según Furtado (2009), es difícil que se desentrapen las negociaciones en el ámbito del comercio agrícola debido al obstáculo que significa para los países desarrollados abrir sus mercados agrícolas. Sin embargo, esto podría resolverse si se cambiara la clasificación del etanol de producto agrícola a producto ambiental dado que es un producto energético cuyo insumo es una fuente renovable que produciría menos emisiones de dióxido de carbono. La Declaración de Doha (OMC, 2001) consideró la eliminación de barreras al comercio de los bienes ambientales y Brasil abogó por ello. Este cambio permitiría que bienes como el etanol entrasen a los mercados de países desarrollados libres de trabas comerciales. Sin embargo, esta medida no sería del todo efectiva debido a que no todos los productores podrían alcanzar las certificaciones de sustentabilidad para poder vender. En efecto, Elbehri (2013) expresa que los sistemas de certificación pueden excluir a los pequeños productores al estar principalmente diseñados para la agroindustria a gran escala, dado que estos sistemas de certificación utilizan muchos datos o información y requiere incurrir en costos y capacidades a menudo fuera del alcance de la mayoría de los pequeños productores (costos de cumplimiento

como manejo integrado de pesticidas, entrenamiento y reemplazo de trabajadores niños por adultos, los costos de transacción como inspecciones de terceros, cambios y costos administrativos para los certificados; costos de oportunidad pues cambios en métodos de producción pueden bajar la productividad y reducir los márgenes). Asimismo, tal y como están estructurados, Elbehri (2013) expresa que estos sistemas tenderían a favorecer a los grandes participantes y a proporcionar incentivos para aumentar la producción y absorber los costes de certificación. Estos sistemas, en la medida en que estén establecidos para controlar las importaciones, pueden dificultar el comercio y el acceso a los mercados, especialmente para los países en desarrollo con ventajas comparativas en la producción comercial, y que ven en este sector una oportunidad real para el desarrollo y la superación de la pobreza rural y el elevado desempleo.

Pacini et al. (2013) también menciona estos problemas para los agricultores de países en desarrollo, teniendo en cuenta que se esperaba que la inclusión de los requisitos de certificación de la UE brindarían posteriormente un premio a través del precio de venta y compensarían los mayores costos directos e indirectos asociados al proceso de certificación. Sin embargo, según los autores, esto no se dio en la medida esperada o no existió.

En relación al comercio internacional, Fritshce et al. (2012) expresan que los beneficios del desarrollo potencial de los biocombustibles que estiman en Tailandia, un país en desarrollo con amplia participación agrícola en la economía, no podrán observarse adecuadamente si no se toman medidas que permitan mejorar la productividad y proteger a los pequeños agricultores del comercio injusto. El gráfico siguiente resume lo expuesto.

**Gráfico N° 21: Diagrama sobre las nuevas arenas de negociación**



Fuente: Furtado (2009), OMC (2001), Fritshce et al. (2012), Elbehri (2013) y Pacini et al. (2013). Elaboración: GPAE-Osinergmin

La información expuesta en estas dos secciones relacionadas al comercio internacional nos muestra que aún los países con amplio desarrollo de cultivos para biocombustibles tienen dificultades para conseguirlo, así como el acceso a los grandes mercados como el europeo. Como se vio en el capítulo anterior, el cultivo de caña de azúcar ha crecido pero solamente el 50% de la demanda de etanol es producida en el país, mientras que en el biodiesel toda la demanda es cubierta por importaciones. El caso de la palma aceitera para biodiesel sería el caso más grave en tanto el 50% de los cultivos en el 2012 estaban siendo realizados por pequeños empresarios y una de las empresas que más apostó por el proyecto de biodiesel (Eneropex) está en liquidación.

Adicionalmente, la información de que las empresas productoras de combustibles no están produciendo biodiesel en sus plantas refleja que el costo de producción interno es mayor que el costo de importación. De esta manera, se refuerza la idea de que los beneficios tributarios y legales otorgados no habrían tenido el efecto deseado. Por lo tanto, el mercado de biocombustibles peruano estaría altamente en desventaja frente a las protecciones impuestas por los grandes productores de biocombustibles como Estados Unidos.

En la siguiente sección se realiza un análisis de los problemas que han sido identificados por la literatura en el desarrollo de los biocombustibles y se obtienen algunas lecciones para Perú.

### **5.3 ¿Cuáles son los problemas que se han identificado en el desarrollo de Biocombustibles?**

En esta sección se presenta una síntesis de los problemas que en la literatura se han identificado en el proceso de desarrollo de los biocombustibles y a partir de estos se mencionan algunas lecciones para Perú.

Se considera el trabajo de Barrera et al. (2011) en el cual se realiza una revisión de la literatura de biocombustibles e identifican ventajas y desventajas del uso de éstos en los países desarrollados y en vías de desarrollo. De estos últimos, los autores se centran en los que tienen el potencial de ser jugadores importantes del mercado de biocombustibles en el futuro.

En primer lugar, identifican como una desventaja que los países donde se ha llevado a cabo el mayor desarrollo de los biocombustibles se caracterizan por tener condiciones jurídicas, políticas y regulatorias imprevisibles e inseguras.

En segundo lugar, identifican que la incertidumbre sobre la oferta de biocombustibles y su capacidad para cubrir la demanda ha generado especulación y alzas en los precios de los insumos de estos productos y también en los demás alimentos.

En tercer lugar, identifican que el uso de subsidios para desarrollar la industria de los biocombustibles ha generado costos fiscales para los cuales no se ha probado que la viabilización de los cultivos, consecuencia del desarrollo de la industria, los haga desaparecer. Asimismo, indican que la permanencia de los subsidios siempre es tema de controversia porque ha afectado al comercio internacional, como se mencionó en secciones anteriores. Por otro lado, identifican problemas de ineficiencia de uso de recursos en países emergentes como México donde siendo predominante el petróleo subsidian los biocombustibles a base de maíz del norte del país para exportarlos al suroeste de Estados Unidos cuando el maíz que consumen mayormente se importa.

En cuarto lugar, encuentran dificultades técnicas para el desarrollo de los biocombustibles. En el caso de los biocombustibles de primera generación, aquellos desarrollados a partir de cultivos que también son destinados a la alimentación, los autores identifican que aún existe un bajo nivel técnico en las zonas productoras de Brasil y un alto precio del aceite de ricino que ha dificultado la viabilidad del biodiesel. En el caso de aquellos biocombustibles de segunda generación, es decir, que no forman parte de los cultivos para la alimentación y no compiten con ellos, indican que aún no se ha extendido su desarrollo en el mundo debido a su dificultad técnica, altos niveles de inversión necesarios y costos de producción.

Respecto a aspectos legales asociados a los biocombustibles, Barrera et al. (2011) identificaron que los biocombustibles no tienen un sistema de derechos de propiedad o de contratos exclusivos con los gobiernos, como sí se observa en las fuentes no renovables por lo que no son controlables fácilmente. Asimismo, identifican que el interés de muchos gobiernos por el desarrollo de los biocombustibles está ligado a un interés por lucrar a través de la propiedad o arrendamiento de tierras y/o con la propiedad intelectual, a pesar que no tengan alto retorno energético sobre la inversión, que agoten los suelos fértiles (la cuantificación del daño por prácticas insostenibles aún no se ha realizado), si contaminan o no, etc.

Por otro lado, Barrera et al. citan a Recompensa et al. (2008)<sup>59</sup> quienes observan que si bien los biocombustibles tendrían una ventaja en relación a la preservación ambiental, cualquier intento de reducción del consumo de energía proveniente de fuentes no renovables reducirá las ganancias extraordinarias conseguidas en el libre mercado. Este último puede ayudar a innovar los biocombustibles que ayudarían a “conservar” el medio ambiente, pero se reducirán las ganancias extraordinarias.

#### Efectos sobre el medio ambiente

La ONU (2006) concuerda que los biocombustibles tienen diversos beneficios en términos ambientales, tales como la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), la producción de combustibles con un balance energético muy superior al de los combustibles derivados del petróleo, -tomando para ello diversos instrumentos que garanticen que dicho biocombustible haya sido obtenido de forma ambientalmente sostenible tales como los sistemas de certificación y etiquetado-; sin embargo, éstos podrían generar también barreras a la entrada dado los elevados costos para obtenerlos.

De otro lado, Rajagopal y Zilberman (2007) refieren que Kammen (2006)<sup>60</sup> afirma que entre las principales ventajas que tiene la producción de biocombustibles es que éstos son renovables y pueden reducir las emisiones de carbono dado que las emisiones directas de los biocombustibles son insignificantes en comparación con los combustibles fósiles; sin embargo es difícil generalizar acerca de las emisiones indirectas de carbono (de la agricultura y el procesamiento).

Por otro lado, Rajagopal y Zilberman (2007) citan diversos artículos en los que se afirma que los biocombustibles pueden aumentar los ingresos de los agricultores y reducir la necesidad de subsidios, tienen un elevado potencial para generar seguridad energética, son intensivos en mano de obra y, por tanto, pueden crear nuevos puestos de trabajo e impulsar el desarrollo rural.

Estos autores además concluyen que tomando en cuenta los indicadores de balance energético y emisiones de CO<sub>2</sub> obtenidos a partir del estudio del ciclo de vida, el etanol de caña de azúcar presenta mayores beneficios energéticos y ambientales en comparación con los

---

<sup>59</sup> Recompensa, L., Días, D., Zabala, A., y Ramos, P. (2008). Biocombustibles: ¿Una estrategia de desarrollo o de mercado lucrativo sostenible? Polis, Universidad Bolivariana, 021, 1-17.

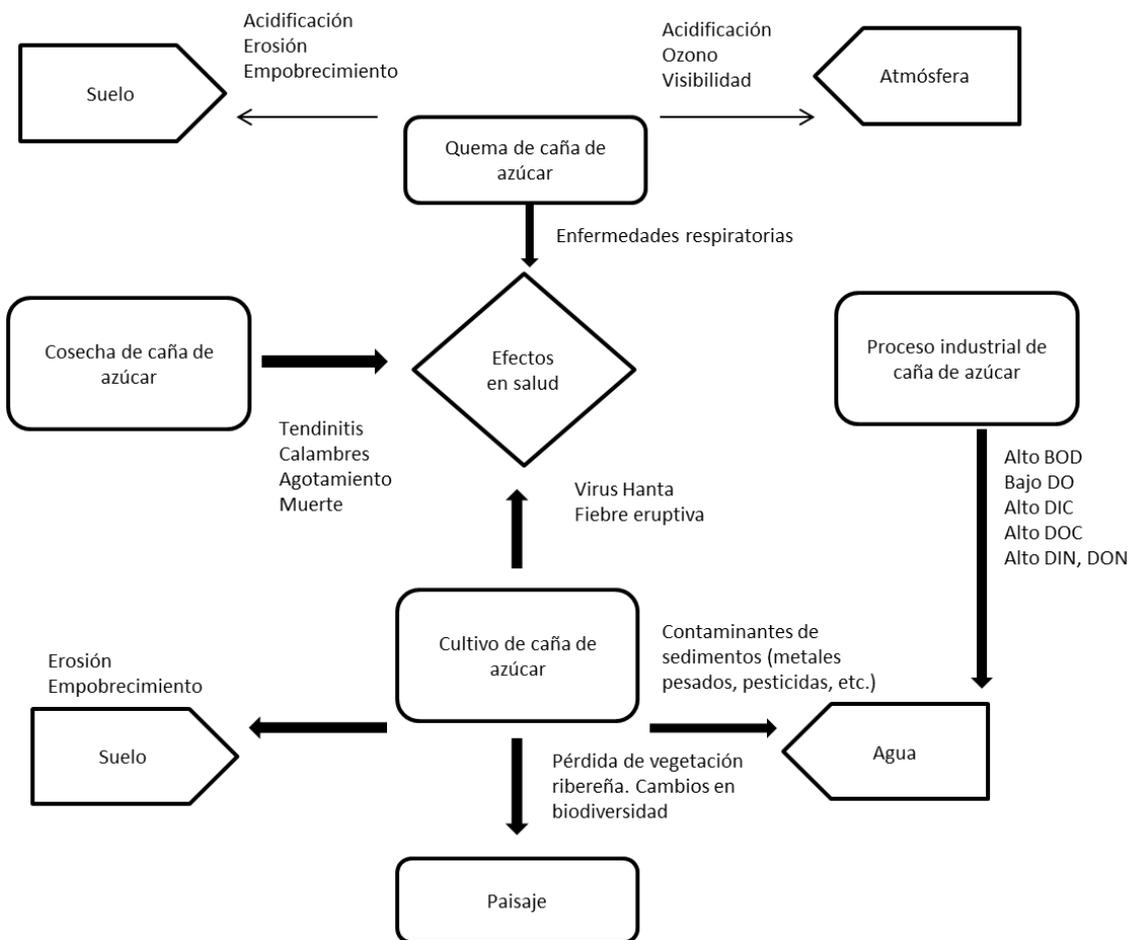
<sup>60</sup> Kammen, D. M. (2006) “Bioenergy in Developing Countries: Experiences and Prospects” *Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges*, International Food Policy Research Institute 2020 Focus No. 14.

combustibles derivados del petróleo, seguido por la yuca, mientras que los beneficios del etanol de maíz presenta beneficios relativamente modestos.

Por otro lado, los trabajos de Filoso y Martinelli (2008), así como Nelson y Robertson (2008) brindan algunos datos interesantes sobre el caso del cultivo de la caña de azúcar en Brasil, el mayor productor de etanol del mundo a partir de este cultivo.

Filoso y Martinelli realizan una revisión de varios trabajos de análisis de los efectos ambientales y para la salud humana de la industria del etanol en Brasil. El siguiente es la reproducción traducida del diagrama resumen que los autores elaboran sobre los efectos de esta industria.

**Gráfico N° 22 Diagrama mostrando los principales impactos ambientales y sociales de la agro-industria de la caña de azúcar**



Fuente: Filoso y Martinelli (2008)

BOD = Demanda bioquímica de oxígeno, DO = Oxígeno disuelto, DIC = Carbono inorgánico disuelto, DOC = Carbono orgánico disuelto, DIN = Nitrógeno inorgánico disuelto, DON = Nitrógeno orgánico disuelto.

Como puede observarse, las consecuencias de la industria de la caña de azúcar para la producción de etanol puede ser un obstáculo para su uso generalizado. Los autores indican

daños en los suelos por el quemado de la caña de azúcar en la cosecha ya que los calienta y seca, les quita densidad (empobrece) y los erosiona. Al dejarlos “desnudos”, los suelos se quedan expuestos a la lluvia, al viento y a la compactación, lo que refuerza la debilitación de su porosidad, disminuyendo la infiltración de agua, afectando aún más la densidad y aumentando su erosión.

Asimismo, indican que el quemado de la caña de azúcar también tiene efectos en el aire al generar sustancias cancerígenas que provocan daños a la salud humana, por lo que el aumento del gasto en atención de enfermedades también es consecuencia del proceso de producción. La emisión de gases como el ácido nítrico afecta la formación y condensación de nubes y regresa al suelo como lluvia ácida, afectando los suelos aún más.

Además, explican que las partículas generadas por el cultivo y cosecha (mediante la quema de caña de azúcar) pueden llegar a fuentes de agua ya que el proceso deja sedimentos sueltos, residuos de pesticidas y metales pesados en los suelos que caen en estas fuentes como humedales, pequeños arroyos, ríos o reservorios. Los efectos principales corresponden a daños o modificaciones a la biodiversidad, anoxia, afectación a las funciones de los ecosistemas y la calidad del agua.

Por otro lado, los autores identifican problemas laborales debido a la explotación de los cortadores de caña, los cuales trabajan más de 8 horas al día, inhalan el humo de la quema de azúcar y viven en condiciones paupérrimas de higiene y habitación. Esto está relacionado, según los autores, a que la industria de caña de azúcar en Brasil surgió en la colonia donde finalmente fueron los esclavos negros los que trabajaron en las plantaciones, por lo que los trabajadores actuales siguen siendo personas de muy bajos recursos que no tienen muchas opciones de empleo y aceptan trabajar en esas condiciones. En ese sentido, los autores indican que el Ministerio del Trabajo de Brasil ha sancionado en diversas ocasiones a las empresas cultivadoras pero aún no se ha podido arreglar el problema.

Asimismo, indican que la expansión del cultivo de caña de azúcar en reemplazo del cultivo de soya, por ejemplo, para cubrir una demanda creciente, incrementaría el uso de pesticidas y fertilizantes agravando la contaminación de los suelos y las aguas, e incrementaría la presión de la deforestación del Amazonas. En relación a ello citan que la mayor industrialización aumenta también la generación de nitrógenos y carbonos inorgánicos disueltos y disminuye el oxígeno disuelto. Estas sustancias finalmente llegan a las fuentes de agua, contaminándolas.

Finalmente, explican que todos estos problemas no estarían siendo tomados en cuenta en su debida dimensión debido a que diversas autoridades verían la reducción de recursos naturales por la industria de biocombustibles como algo justificado y necesario por las oportunidades que brindaría en el comercio internacional si el consumo de estos energéticos se generaliza en el mundo. Además, afirman que esta industria estaría protegida por lobbistas y políticos ya que desde la colonia se ha formado una actitud complaciente frente a problemas ambientales y las normas sociales. Sin embargo, los autores recomiendan un cambio pues, de lo contrario, Brasil no logrará ser competitivo en un mercado internacional donde se espera que el biocombustible sea sostenible y correcto.

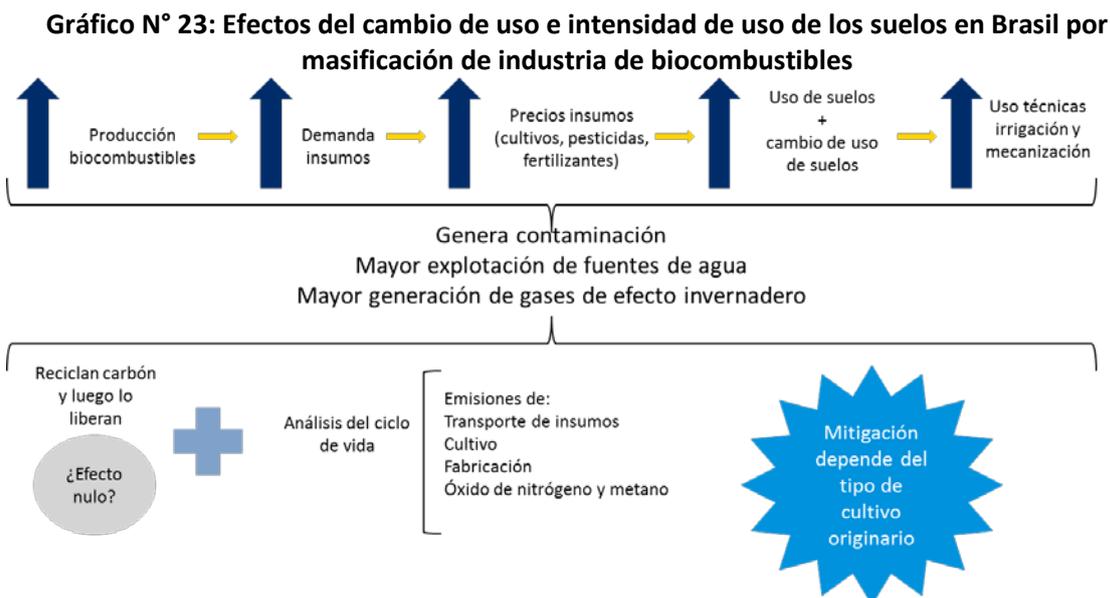
Respecto al trabajo de Nelson y Robertson (2008) los autores usaron un enfoque basado en regresión sobre una variable dependiente cualitativa no lineal para realizar simulaciones sobre los efectos que provocaría el cambio de uso e intensidad de uso de los suelos en Brasil en el caso en que la industria de biocombustibles se masificara, es decir, la intensificación del cultivo, mayor uso del suelo y en mayor extensión.

En primer lugar, indican que al aumentar la producción de biocombustibles se generaría una mayor demanda de insumos, por lo que los bienes agrícolas utilizados incrementarían sus precios incentivando el mayor uso del suelo y cambios en los usos de suelos dedicados a otros cultivos o fines. Otros insumos que aumentarían su demanda serían los pesticidas y fertilizantes utilizados en los cultivos asociados a los biocombustibles y aumentaría el uso de las técnicas de irrigación y mecanización respectivas. Los efectos sobre el medio ambiente enfatizados por los autores son la contaminación y mayor explotación de fuentes de agua y la mayor generación de gases de efecto invernadero.

Los autores exponen que los cultivos de biocombustibles reciclan el carbón de la atmósfera y luego cuando se utilizan para la combustión lo liberan. Pero además de este efecto que puede ser nulo o no, indican que se debe tener en cuenta los efectos del ciclo de vida, es decir, las emisiones asociadas al transporte de insumos, el cultivo y la fabricación, la emisión de óxido de nitrógeno y metano. Los autores identifican algunos estudios donde el efecto neto en la mitigación de los gases de efecto invernadero es positivo pero otros cultivos son mejores. La mitigación en sí dependería de si el cultivo del cual se origina el biocombustible también es un mitigador de gases efecto invernadero y si el mayor uso del suelo cambia la generación de estos gases.

Las simulaciones realizadas por los autores para el caso de Brasil supusieron incrementos de 25% en el precio del maíz y 10% en el precio del azúcar en puerto de

exportación, y dieron como resultado un aumento considerable en la presión sobre los bosques amazónicos al sur del río Amazonas y un poco menor al noreste y noroeste del mismo. Por otro lado, hallaron que el cambio del uso no asociado a cultivo a este fin afectaría los hábitats para las aves. Asimismo, encontraron que aumentaría la emisión de carbono a la atmósfera aunque señalan que hay que considerar que esto es un efecto stock y las mejoras por biocombustibles son un flujo. No obstante, los autores enfatizan que se debe realizar un mayor análisis de los beneficios potenciales contra los costos indirectos.



Fuente: Nelson y Robertson (2008). Elaboración: GPAE-Osinergmin

Finalmente, cabe mencionar el análisis realizado por la IEA (2011) citado en la sección 2.3 del presente Documento de Trabajo, que muestra potenciales beneficios en la reducción de emisiones de GEI de diferentes biocombustibles convencionales y avanzados respecto de los combustibles fósiles y el gas natural. No obstante, este potencial beneficio no toma en cuenta cambios de uso indirectos pero considera que pueden incrementarse los beneficios si se mejoran los procesos de producción y se utilizan energías renovables en la misma.

Problemas regulatorios

Respecto a algunos problemas surgidos en el desarrollo de los biocombustibles ligados a la regulación, algunos casos representativos se encuentran en los Estados Unidos y la UE.

En el caso del primero, Hochman et al. (2010) critican la inclusión del cálculo del Análisis del Ciclo de Vida o la medición de los efectos de emisiones de gas de efecto invernadero ocasionados por el ciclo de vida de los biocombustibles en el cálculo del límite de

emisiones pues castiga a agentes económicos por acciones que no necesariamente tomaron y no respeta el principio regulatorio de que sólo se debe regular por aspectos que el agente puede controlar.

Asimismo, indican que los efectos del ciclo de vida no son ciertos, son variables en el tiempo, sus estimaciones son altamente divergentes y existen otros efectos indirectos de los biocombustibles que no se incluyen en el análisis del ciclo de vida para el cálculo de las emisiones de efecto invernadero que deriva en la regulación estadounidense.

Timilsina et al. (2011) citan estudios en los que los resultados del análisis del ciclo de vida ponen en duda la utilidad de los biocombustibles para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, Dixon et al. (2010) realizan un análisis del efecto de la regulación del estándar de combustible renovable (RFS por sus siglas en inglés) y los incentivos al desarrollo de los biocombustibles o créditos fiscales en la economía estadounidense a partir de un modelo de equilibrio general computable<sup>61</sup> bajo supuestos de la evolución de los precios del petróleo, los precios del etanol y la mejora tecnológica. Primero estiman sin la imposición de la RFS y luego con la imposición.

Los autores observan que los créditos fiscales pueden eliminar los efectos positivos sobre el consumo y afectan negativamente al PBI. Por un lado, exponen que el efecto en el consumo puede ser mayor que el efecto negativo de los créditos fiscales pero depende de la evolución de la oferta de etanol en el largo plazo incentivada por el progreso tecnológico – que es más incentivado si no hay créditos fiscales – y del efecto positivo de una caída del precio del petróleo. Sin embargo, el tamaño del segundo componente dependerá de la respuesta al precio del petróleo en el resto del mundo.

Finalmente Griffin (2013) aboga por una derogación de los mandatos de etanol de la EISA (Energy Independence and Security Act) de 2007 en los Estados Unidos en tanto los supuestos beneficios que traería el desarrollo de dicha industria en ahorro para los consumidores y seguridad energética habrían sido mínimos en comparación con los efectos en los precios de los *commodities* alimenticios que afectan a todo el mundo, especialmente los países pobres, debido a que los consumidores de dichos países tienen posibilidades de sustitución de alimentos más limitadas.

---

<sup>61</sup> Para una síntesis sobre el uso de este tipo de modelos para temas del sector energía y economía así como temas ambientales en particular, véase el Anexo 1.

Griffin argumenta que la política no ha sido efectiva, entre algunas razones, por la dificultad de las refinерías de alcanzar los niveles obligatorios (de ahí la creación del *Renewable Identification Number (RIN)* por parte de la EPA)<sup>62</sup> y a que los biocombustibles de segunda generación aún no se desarrollan a un nivel comercial suficiente debido a su costosa producción.

Asimismo, el autor compara el escenario en que se mantiene la política estadounidense de alcanzar una mezcla de 10% de etanol (E10) y producir 36 billones de galones al 2022 y quitarla manteniéndose una mezcla de 2.1%<sup>63</sup>. Adicionalmente tuvo en consideración la ineficiencia relativa del E10 frente al E021<sup>64</sup>, el ahorro de costos de los refinadores debido a que el etanol es un insumo más barato para incrementar el octanaje de las gasolinas<sup>65</sup>, el efecto del aumento de la demanda de etanol sobre la elasticidad de la demanda de petróleo de la OPEP que reduce el precio del mismo<sup>66</sup> y el efecto de la demanda de etanol sobre el precio del maíz que tiene efecto sobre el costo marginal de etanol y por lo tanto en la gasolina con E10<sup>67</sup>. La ganancia en ahorro total de mantener la política sólo resultaba en 0.2 centavos de dólar por galón para una familia estadounidense promedio que consume 1 100 galones anuales.

Por otro lado, Griffin indica que el etanol no tiene una producción alta y no es una fuente que pueda producirse rápidamente en momentos de una interrupción del suministro de petróleo dada la capacidad de producción necesaria para cubrir la demanda y que tendría que operar en un periodo corto de tiempo. Por ello, considera que el sistema estadounidense de reservas de petróleo es el más indicado y efectivo para enfrentar la inseguridad energética.

Así, el autor expresa que los efectos positivos de la política de desarrollo del etanol a través de los mandatos de la EISA no han sido efectivos mientras que la producción de este insumo ha sido parte de las causas que afectaron el mercado de alimentos en los últimos años y que ha afectado a su vez a las economías de los hogares del mundo, especialmente los

---

<sup>62</sup> De acuerdo a la página de la EPA son créditos usados para el cumplimiento del Programa RFS, por lo tanto, es como una moneda.

<sup>63</sup> Este porcentaje corresponde al nivel de etanol necesario para producir gasolina de octanaje similar al actual consumido en Estados Unidos con la ventaja de que el etanol es más barato que los otros métodos de incremento de octanaje utilizados hasta el momento.

<sup>64</sup> Según el autor, dicha ineficiencia tiene un costo de 11.4 centavos de dólar por galón.

<sup>65</sup> Según Griffin, el uso de etanol ha permitido que Estados Unidos se vuelva exportador neto de gasolinas, este cambio junto con la mayor producción para el mercado interno implicó un ahorro de 12.8 centavos de dólar por galón en relación al precio del petróleo.

<sup>66</sup> El beneficio estimado fue de 3.6 centavos de dólar por galón.

<sup>67</sup> El costo fue estimado en 4.8 centavos de dólar por galón.

pobres quienes no tienen grandes alternativas de consumo. Griffin cita estudios del FMI<sup>68</sup>, el Banco Mundial<sup>69</sup>, la USDA (United States Department of Agriculture)<sup>70</sup> que estiman el efecto de las políticas de mandatos de etanol de Estados Unidos y las políticas de biocombustibles mundiales. Los resultados indican que la política de Estados Unidos representó entre el 25% y el 45% del aumento de los precios del maíz, mientras que las políticas de biocombustibles del mundo representan el 70% del incremento en los precios del maíz y el 75% del incremento en los precios de los alimentos en general<sup>71</sup>.

En el caso europeo, Asmelash et al. (2013) consideran que los biocombustibles aún siguen siendo menos efectivos en la generación de energía que las gasolinas y el diésel a pesar del apoyo de los gobiernos de la UE.

Los autores indican que las regulaciones relacionadas al consumo finalmente afectan a los consumidores ya que el costo de fomento de los biocombustibles lo pagan ellos y el costo adicional por usar un carro a biocombustible aumentará o disminuirá dependiendo del biocombustible y del progreso tecnológico que reduzca su costo de producción. En ese sentido, las estimaciones realizadas por modelos de predicción indican que el costo del etanol disminuirá al 2020 y el del biodiesel aumentará.

Por otro lado, consideran que los biocombustibles son un proyecto que es muy sensible a los cambios de los precios de las materias primas, los cuales serían de entre el 70% y 90% de los costos totales. La caída de la demanda o de los precios del biocombustible durante el periodo de recuperación de costos – que depende de la estructura financiera y longitud del proyecto – puede hacer inviable económicamente una planta de producción, creando un riesgo de activos hundidos.

Asimismo, expresan que los biocombustibles no salieron positivamente evaluados respecto de los combustibles fósiles en indicadores de salud y medio ambiente salvo algunos ahorros menores en gases de efecto invernadero y menor reducción de ozono entre otros pocos beneficios. Los autores citan estudios en los que se indica que los biocombustibles

---

<sup>68</sup> Griffin cita que Baier et al. (2009) refieren un trabajo de John Lipsky y Simon Johnson en el 2008. Asimismo, Griffin también hace referencia al World Economic Outlook de octubre del mismo año. (Baier, S., M. Clements, C. Griffiths, and J. Ihrig (2009). "Biofuels impact on crop and food prices: using an interactive spreadsheet." International Finance Discussion Papers 967, Board of Governors of the United States Federal Reserve System).

<sup>69</sup> Mitchell. D. (2008). "A Note on Rising Food Prices." World Bank Policy Research Working Paper No. 4682.

<sup>70</sup> Glauber, J. (2008). "Statement to the U.S. Senate Committee on Energy and Natural Resources." Full Committee Hearing to Receive Testimony on the Relationship Between U.S. Renewable Fuels Policy and Food Prices. SD-366. Washington DC: Hearing. Disponible en <http://energy.senate.gov/public/ files/GlauberTestimony061208.pdf>

<sup>71</sup> Ello en tanto el maíz también sirve de alimento a los ganados y es sustituto de otros granos quienes son desplazados por una mayor producción de maíz para la producción y etanol.

tienen impactos negativos sobre la toxicidad humana, el agotamiento del agua por su amplio consumo, aumentan la eutrofización terrestre<sup>72</sup> y afectan la biodiversidad.

Adicionalmente, exponen que se ha observado que los empleos generados por la industria de biocombustibles en la UE no se encuentran en las zonas rurales más pobres, lo cual es una de las justificaciones y objetivos de los subsidios.

Finalmente, los autores citan que a partir de una evaluación de un factor ILUC<sup>73</sup> central o factor de “precaución mínima” asociado al grado en que se provoca un efecto indirecto por cambios en el uso de los suelos, los biocombustibles reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub> pero la efectividad de estas reducciones tendrían que ser evaluadas contra los costos de los subsidios. En particular el ILUC asociado al biodiesel es más alto que el del etanol, en el caso de una evaluación con ILUC central, el biodiesel incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero y reduce los efectos positivos encontrados para el etanol. Si la evaluación se realiza con un factor ILUC más estricto, el efecto negativo del biodiesel supera el positivo del etanol.

#### Caída en el precio de petróleo

Según la World Bioenergy Association (WBA) (2015) la abrupta caída de los precios del petróleo tendría efectos negativos sobre la industria bioenergética en general, tales como la reducción de inversiones en tecnologías de energía renovable y suspensión de proyectos de bioenergía, importantes reducciones en los volúmenes de venta de la industria bioenergética en general por la menor competitividad de la industria frente los combustibles derivados del petróleo, afectando los márgenes de beneficio e incrementando los riesgos de despidos y reducción en los salarios. Respecto a las medidas que se deben tomar para mitigar este impacto negativo sobre la industria bioenergética, la WBA afirma que las políticas de mezcla obligatoria y la implementación de impuestos sobre el carbono son los instrumentos más eficientes para lograr dicho fin.

---

<sup>72</sup> “La eutrofización terrestre puede ocurrir cuando los niveles de nitrógeno exceden los óptimos para las especies naturales o los cultivos en un determinado ecosistema, lo que determina una disminución en los rendimientos de producción.” En: Arena, Alejandro P. (2010) “Indicadores de categorías de impactos para Estudios de Análisis de Ciclo de Vida en la Argentina” *Congreso de Ingeniería Sustentable y Ecología Urbana ISEU 2010*. Universidad de Palermo – Facultad de Ingeniería. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 23/06/2016 en <http://www.palermo.edu/ingenieria/ISEU2010/Pdf/presentaciones/PabloArena.pdf>.

<sup>73</sup> Indirect land use change (cambio indirecto de uso de suelos)

### Comentarios

Los hallazgos de los diferentes trabajos citados en esta sección pueden, en cierta medida, relacionarse con los resultados observados de la política de desarrollo de los biocombustibles en el Perú. Por ejemplo, se ha observado que a pesar de las reducciones de impuestos, el cambio de uso de suelos para el desarrollo de cultivo de la palma aceitera no estaría teniendo como correlato la producción interna de biodiesel. Al ser un subsidio, genera costos fiscales que no desaparecerían ante la falta de progreso en el desarrollo de la industria así como reflejaría una menor eficiencia en el uso de los recursos naturales al destinar los suelos amazónicos a un cultivo que no estaría teniendo un correlato en el motivo del subsidio.

Por otro lado, se necesitaría realizar un estudio que determine las causas económicas y extra económicas por las que la producción de los biocombustibles en el Perú no están teniendo éxito. Por ejemplo, una razón sería que el costo de producción del cultivo y de transporte hacia las plantas de producción de biodiesel es mucho menos barato que importar de lugares tan lejanos como Indonesia. Tendría que compararse el efecto ambiental de consumir el biodiesel importado y el efecto ambiental de producirlo y consumirlo aquí mediante un análisis del ciclo de vida.

Respecto al etanol, las investigaciones respecto de la industria en Brasil revelaron diversos efectos negativos sobre los suelos, el aire, fuentes de agua y deforestación de bosques pero el efecto ambiental final depende del tipo de cultivo originario. En el Perú, el cultivo de caña de azúcar es el insumo principal para el etanol y compite frente a Brasil y Estados Unidos, países con la mayor industria de etanol en el mundo y altamente subsidiada. El Perú no cuenta con una amplia oferta de tierras de cultivo para expandir la industria de caña de azúcar por lo que competir en el mercado mundial no sería posible. Además, el azúcar, principal producto de la caña de azúcar es uno de los bienes más consumidos por los hogares peruanos y parte de la misma es exportada a Estados Unidos aprovechando las condiciones favorables que se obtuvieron en el TLC con ese país (Indecopi, 2015).

Por otro lado, los efectos potencialmente negativos sobre el consumo debido al cumplimiento de la regulación del estándar RFS que encontraron los autores mencionados puede ser un argumento para la evaluación de los efectos sobre el consumo de los hogares de cumplir los estándares de mezcla de los biocombustibles vigentes en el país. Si se observan las listas de precios de Petroperú, los precios de los gasoholes de 84 y 90 octanos son mayores que los de las gasolinas del mismo octanaje sin plomo. En ese sentido, la política de mezcla

implementada tiene un efecto en el aumento de los costos de transporte de los hogares y de los demás sectores en general.

Si se suma a ello el hecho de que la producción nacional no puede competir con los grandes productores que subsidian el etanol y el biodiesel, a la naturaleza de costos hundidos de varias de las inversiones que se realizan y a pesar de los créditos fiscales implementados, entonces, se estarían eliminando los potenciales efectos positivos sobre el consumo debido a que la oferta nacional a largo plazo no podría desarrollarse por que no existirían economías de escala suficientes y la desventaja comercial. El aumento de costos de transporte también afecta a los precios de otros bienes, reforzando un efecto negativo sobre el presupuesto de los hogares ya que la mayor parte de los incrementos son trasladados a ellos.

En ese sentido, los hallazgos de los diversos trabajos en economías con un desarrollo y competitividad mayor y los resultados que se han podido observar en este documento señalaría la necesidad de una evaluación de los efectos reales de la política de promoción de los biocombustibles y su viabilidad a mediano y largo plazo.

No obstante, es necesario brindar una mirada adicional a la promoción de los biocombustibles, por ello, en la siguiente sección se abordan las diferentes disyuntivas de política que se han observado en los diferentes estudios.

#### **5.4 ¿Cuáles son las “disyuntivas de política” en la promoción de los biocombustibles?**

La producción y utilización de biocombustibles generó un renovado interés a nivel mundial en los últimos años, destacándose su contribución en la diversificación de la oferta energética, en un intento por reducir la dependencia de los combustibles derivados del petróleo (seguridad energética), reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover el desarrollo de la agricultura (área rural en general) y generar mayores niveles de empleo. Mientras que los combustibles fósiles se han convertido en el suministro de energía dominante desde la revolución industrial, los esfuerzos por encontrar otras fuentes de energía tienen una larga historia. El aumento de los precios del petróleo fueron un elemento importante en el auge de los biocombustibles; sin embargo, en la actualidad existe un gran debate respecto a las ventajas e inconvenientes derivados de la producción de biocombustibles y no existe un consenso sobre cómo frenar los impactos negativos del desarrollo de este sector sobre los grupos más vulnerables. La presente sección describe las disyuntivas identificadas por diversos organismos e instituciones sobre el desarrollo de los

biocombustibles, muchos de los cuales están directamente relacionados con los problemas enumerados en la subsección anterior.

#### *Disyuntivas en aspectos ambientales y sociales*

El aspecto ambiental positivo más promovido es que las emisiones del uso del biocombustible para el transporte es menor que el de las gasolinas y el diésel; sin embargo, el efecto ambiental de los biocombustibles es más amplio, puesto que también debe incluirse en el análisis el ciclo de vida del cultivo utilizado y todo el proceso de producción del mismo hasta la refinación del biocombustible. Es sobre este aspecto donde diversos estudios citados en el presente documento de trabajo muestran que ha surgido una controversia, en tanto no es claro el efecto neto en la reducción de emisiones contaminantes.

El estudio de Filoso y Martinelli (2008), descrito en la sección anterior, argumentó que los efectos ambientales negativos son diversos en Brasil y están asociados mayormente al efecto de los cambios del uso de suelos por el copamiento de los campos de caña de azúcar.

La IEA (2011) muestra potenciales reducciones de GEI de los biocombustibles convencionales y avanzados, pero no incluye los cambios de uso indirectos, aunque la mejora de los procesos de producción y el uso de energías renovables en la misma podría aumentar las reducciones potenciales de emisiones.

Por otro lado, Faaij et al. (2014), citan variada literatura que analiza los efectos ambientales y sociales de los biocombustibles y concluyen que los efectos varían de país a país y que la sostenibilidad de ciertos tipos de cultivo o métodos de producción es mayor que otros. En ese sentido, afirman que los resultados dependen del clima y suelo disponible, de las condiciones económicas como el empleo, el nivel de pobreza y la gobernanza, y del tipo de cultivo y del sistema de gestión agrícola (Faaij et al., 2014: 116).

#### *Disyuntivas en precios y usos de tierra*

En primer lugar, Astete-Miller et al. (2007) realizaron un análisis sobre los impactos potenciales que el aumento en la demanda por biocombustibles causada por la política de mezcla obligatoria en las gasolinas y diésel pudiera tener en la estructura agraria y sus impactos económicos en general. El impacto inmediato de esta política es el aumento de la demanda por cultivos energéticos (maíz, soya, caña de azúcar, jatropha, palma aceitera, etc), del que se desprenden y discuten potenciales consecuencias que se pueden suscitar.

Estos autores indican que el aumento en la demanda de cultivos energéticos ocasionaría una mayor demanda de tierras de cultivo generando una expansión de la frontera agrícola y presiones sobre los recursos naturales y ecosistemas, incrementadas a su vez porque el cultivo de un solo producto concentra territorialmente el agro y ejerce presión a través de la homogenización de los ecosistemas. Respecto a la concentración territorial existe una disyuntiva en cuanto a la facilidad de operación. Así, los autores exponen que en los países con grandes dotaciones de tierra,<sup>74</sup> la agricultura se ejerce a gran escala por lo que hay mayor concentración de propiedad, menores costos de transacción y problemas logísticos; mientras que en los países con menor dotación de tierras, las explotaciones agrícolas son de menor tamaño, por lo que la competitividad de los cultivos para biocombustibles surgirá por la asociación entre los diversos agentes, dado el mayor número de productores por cada cultivo, menor desarrollo tecnológico y mayores costos de transacción.

En segundo lugar, indican que el aumento en la demanda de biocombustibles junto a una presión competitiva sobre los precios de los biocombustibles genera un esfuerzo de los productores a reducir los costos de transacción y aprovechar las economías de escala en la producción de cultivos energéticos, sobre todo en los cultivos cuya tecnología de producción es posible convertirla en un proceso mecanizado. Si además de estos factores existe suficiente dinamismo o flexibilidad en el mercado de tierras podría originarse una mayor concentración de la producción y propiedad de la tierra. En un trabajo comentado más adelante la disyuntiva de la mecanización está relacionada a que la reducción de costos por las economías de escala reduce el empleo generado en el sector agrícola y/o rural.

Zarrilli (2006) expone que algunos expertos enfatizan que aumentos del grado de concentración de tierras destinadas a la producción de biocombustibles genera un alto riesgo de desviar el uso de la tierra de las actividades tradicionales como la producción de alimentos o forraje, la silvicultura, el pastoreo o la conservación, afectando de esta forma a la seguridad alimentaria. Por otro lado, Astete-Miller et al. (2007) afirman similarmente que la ganadería y la silvicultura también se ven afectadas por el incremento de la demanda de biocombustibles. La primera actividad es impactada debido a que el incremento de la demanda y producción de cultivos energéticos reduce la oferta de productos agrícolas destinados a la crianza de

---

<sup>74</sup> Consideran países con grandes dotaciones de tierra a aquellos que tienen un promedio mayor de 12 has/trabajador agrícola.

animales, aumentando su precio, mientras que, por otro lado, expande la tierra cultivable que reduce las áreas destinadas a la silvicultura.<sup>75</sup>

De acuerdo con Cui et al. (2012) los efectos del uso indirecto de la tierra también ponen en riesgo la seguridad alimentaria desde el punto de vista de usos alternativos de los cultivos energéticos como, por ejemplo, el desvío de maíz para la producción de etanol. En términos más generales, la preocupación es que una expansión masiva de la producción de biocombustibles implicaría una mayor presión sobre los recursos limitados mundiales de tierra y agua.

Respecto a los impactos en los precios, Rajagopal y Zilberman (2007) concluyen que los impactos de los biocombustibles con respecto a sus sustitutos cercanos -los combustibles derivados del petróleo- son diversos y están en función a los escenarios que se planteen en los estudios. Si el consumo es equilibrado a nivel mundial, el impacto sobre el precio es mínimo; sin embargo, si un país es un importante consumidor de combustibles y acapara gran parte del consumo de los mismos, el precio internacional del petróleo podría llegar a bajar drásticamente.

Los autores también concuerdan con otros investigadores respecto al impacto de los biocombustibles en el precio de los alimentos, dado que el incremento de la producción de biocombustibles generaría un aumento desmesurado del precio de los alimentos ya sea por la sustitución del uso de la tierra como por el desplazamiento de los alimentos que también son insumos para la producción de biocombustibles. Esto afectaría principalmente a los países en desarrollo que son importadores netos de alimentos, independientemente de que adopten o no la producción de biocombustibles.

Otro de los principales impactos que también recalcan los autores es el hecho de que los biocombustibles reducen en cierta medida la dependencia energética del petróleo crudo; sin embargo, este efecto está condicionado a que los insumos para la producción de los biocombustibles sean producidos localmente.

Cui et al. (2012) indican que una mayor producción de biocombustibles con un insumo alimenticio reduce la producción de alimentos y se espera un alza del precio de estos últimos. Como consecuencia, los países más pobres son los potencialmente más afectados; sin embargo, y como se menciona en más de una oportunidad, el impacto en los precios de los

---

<sup>75</sup> Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), silvicultura es el cultivo, cuidado y explotación de los bosques y los montes.

alimentos no está determinado, aunque se espera que sea mayor que su impacto en los precios de la energía.

Hochman et al.<sup>76</sup> (2008) por su parte afirman que la interdependencia entre los mercados de alimentos y energía podría provocar que los biocombustibles reduzcan la variabilidad de los precios de los productos agrícolas ante shocks aleatorios y climáticos. Esto sería debido a que la demanda de cultivos de primera necesidad se vuelve más elástica con la existencia de los biocombustibles, pero a su vez, la industria de los biocombustibles es propensa a los ciclos causados por la volatilidad del mercado de alimentos.

El estudio de Astete-Miller et al. (2007) también muestra, bajo dos tipos de escenarios, que el incremento de la demanda por cultivos energéticos no solo resulta en un aumento en el precio de esos cultivos, sino también, en un aumento en el precio de otros cultivos que compiten por el mismo suelo agrícola y que son desplazados a tierras de menor extensión y/o calidad. En tal sentido, el efecto de la expansión de los biocombustibles sería una reducción de la producción de los cultivos desplazados y por correlato un aumento en sus precios.

De otro lado, citan un estudio de la OCDE<sup>77</sup> de 2006 donde se argumenta que un aumento en la producción de biocombustibles resultaría en la afectación de los mercados de estos cultivos, especialmente un aumento en sus precios en el mercado internacional. En particular, indican que los principales países productores reducirán las exportaciones de cultivos energéticos. La explicación de esto tendría relación a que los países exportadores usarían parte de su excedente para la producción de más biocombustibles y cubrir su demanda interna.

El estudio de Fritsche et al. (2012) considera que la influencia de los biocombustibles en los precios de los alimentos y los posibles problemas que pueda causar esto a las familias pobres es aún un asunto en investigación. Pero el estudio de Bahel et al. (2013) parece tener una respuesta a la pregunta del efecto en los precios. Los autores analizan en un modelo la interacción de los mercados de alimentos, biocombustibles y petróleo teniendo en cuenta la existencia del cartel de la OPEP y una franja agrícola competitiva.

Los autores hallan una relación positiva entre los precios de la energía y de los alimentos y que el precio de equilibrio de los últimos se incrementará, mientras que las

---

<sup>76</sup> En este trabajo se hace uso de un modelo de equilibrio parcial para Estados Unidos para analizar los beneficios del desarrollo de la industria de biocombustibles.

<sup>77</sup> OECD (2006), "Agricultural Market Impacts of Future Growth in the Production of Biofuels" Working Paper on Agricultural Policies and Markets, Paris.

reservas de petróleo se volverían más escasas y la demanda de biocombustibles se incrementaría. Asimismo, afirman que una mejora de la productividad agrícola en un contexto de demanda inelástica de alimentos permitiría una reducción de los precios de los alimentos, pero sólo en el corto plazo.

La disyuntiva que se presenta en este estudio surge del hecho que el aumento de la demanda de biocombustibles implica a su vez un incremento del costo de oportunidad de los agricultores de dedicarse a la producción del cultivo para destinarlo a biocombustibles y no a alimentos, lo cual incrementa el precio de los alimentos. Los autores citan que la International Food Policy Research Institute (IFPRI) calcula que la incidencia de los biocombustibles en el alza de los precios de los productos agrícolas es de hasta un 30%.<sup>78</sup>

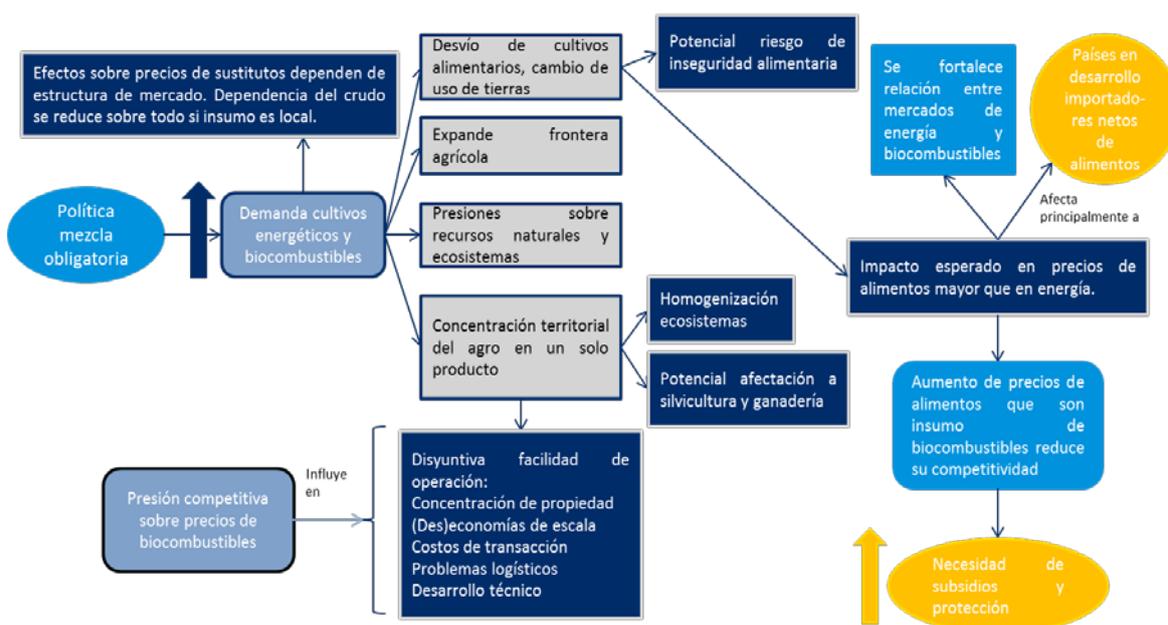
Finalmente, Serra y Zilberman (2013) revisan la literatura que analiza los mecanismos de transmisión de los biocombustibles hacia los precios de los alimentos. Los autores citan que desde el incremento de la demanda de alimentos de la industria de biocombustibles la relación entre los precios de los *commodities* agrícolas y del mercado de la energía se ha fortalecido (Serra y Zilberman, 2013: 141-142). En relación a este tema, los estudios analizados por Serra y Zilberman concluyen que los precios de la energía afectan los niveles de precios agrícolas de largo plazo, mientras que otros estudios incluso han hallado que la volatilidad de los precios en el mercado de energía es traspasada a los mercados agrícolas.

La disyuntiva de esta relación entre los precios de la energía sería, según los autores, que el aumento de los precios agrícolas estimularía la producción agraria pero a su vez afectaría la economía de las familias más pobres, que gastan una mayor proporción de su presupuesto en alimentos. Asimismo, el aumento de precios de los alimentos que son insumo implica una menor competitividad de los biocombustibles, que a su vez aumenta la necesidad de subsidios y protección. El siguiente gráfico resume lo expuesto en este acápite.

---

<sup>78</sup> Si bien el paper de Bahel et al. (2012) no menciona un estudio donde se obtenga esa estimación, el columnista Benjamin Senauer de The Guardian, en su artículo “The appetite for biofuel starves the poor” indica que la estimación de la IFPRI fue obtenida con el “modelo Impact”, un modelo del uso y oferta de los *commodities* agrícolas a nivel global (model of global agricultural commodity supply and utilization), diseñado por dicha institución. Recuperado el 23/06/2016 en <https://www.theguardian.com/commentisfree/2008/jul/03/biofuels.usa>.

**Gráfico N° 24: Disyuntivas sobre el uso de la tierra y precios**



Fuente: Varios estudios. Elaboración: GPAE-Osinerghmin

Disyuntivas sobre la distribución del ingreso

El aumento en el precio de los cultivos puede tener impactos en la distribución del ingreso, al generar transferencias de ingresos de los consumidores hacia los productores y de las zonas urbanas hacia las rurales.

La CEPAL (2007) recalca este hecho, pues dependiendo de la estructura productiva adoptada por cada país, el incremento de los precios de los cultivos, generados por el desplazamiento de los productos agrícolas desde el consumo hacia la producción de biocombustibles, pudiera representar una transferencia de ingreso de los consumidores hacia los productores y de las zonas urbanas hacia las rurales, lo cual pudiera estar alineado con el objetivo de algunos países de fortalecer el ingreso de las zonas rurales.

A esta conclusión también llegó un estudio de la FAO (2010).<sup>79</sup> Haciendo uso de la metodología de la medición de la Variación Equivalente<sup>80</sup> realizó un análisis en los cambios en el bienestar de los hogares en Perú a nivel macroeconómico y sectorial, incluyendo un análisis tanto a nivel urbano como rural. Respecto a la distribución del ingreso urbano-rural, el estudio

<sup>79</sup> En este estudio se hace uso de un modelo estático de Equilibrio General Computable (EGP) para Perú, el cual es una herramienta apropiada para captar las relaciones económicas y los vínculos entre los distintos sectores económicos del país y poder hacer un análisis de bienestar.

<sup>80</sup> La variación equivalente es la cantidad de renta que está dispuesto a recibir/renunciar un consumidor para dejarlo con el mismo poder adquisitivo que tendrá después del cambio en los precios de acuerdo a Mas-Colell et al. (1995).

halló que los hogares rurales se benefician de los mandatos para los biocombustibles, excepto cuando se utiliza la jatropha de bajo rendimiento y la melaza para producir biodiesel, y, bajo el escenario de la caña de azúcar para producir etanol. Sin embargo, los hogares urbanos se ven afectados negativamente provocando un resultado neto negativo. Sólo la política de biocombustibles a través de etanol de caña de azúcar alcanza a tener un efecto positivo o en el peor de los casos neutral.

Como resultado del análisis llevado a cabo, la FAO (2010) concluye que la promoción del biodiesel es una medida ineficiente para reducir la pobreza rural y redistribuir el ingreso cuando la ventaja comparativa es en etanol. Además, aumenta el precio del combustible final como resultado del mandato de mezcla obligatoria. Los hogares urbanos, los más afectados con la política, lo son más cuando los terratenientes de baja producción están involucrados, ya que implica un mayor incremento en los costos de producción de los biocombustibles. Estos resultados indican que algunos consumidores pagan el precio de la política de mezcla obligatoria.

De otro lado, Khwaja et al. (2010) hacen uso de un modelo de equilibrio general computable para evaluar los posibles impactos de los biocombustibles en la economía peruana y obtienen que la producción de biocombustibles a gran escala contribuiría a incrementar el valor agregado agrícola como resultado de la expansión de la tierra; además, se observa un traslado de ingresos hacia el sector agrícola y de las zonas urbanas a las rurales.

Además, Venghaus y Selbmann (2014) analizaron los efectos socioeconómicos y ecológicos que tendría una producción a gran escala de biocombustibles y concluyen que la producción de biocombustibles difícilmente podría satisfacer la creciente demanda mundial de energía sin generar efectos socioeconómicos significativos derivados del desplazamiento del uso de la tierra y la sustitución de producción de productos agrícolas que son insumo para la producción de biocombustibles, principalmente en las sociedades donde persiste la agricultura de subsistencia; sin embargo, estos biocombustibles pueden ser eficazmente producidos desde el punto de vista social si considerasen de manera sistemática y continua sus impactos sobre la justicia global.

#### *Disyuntivas del incremento de la producción y la demanda*

Respecto a incrementos en la producción de cultivos energéticos, derivado del incremento de la demanda de biocombustibles, Astete-Miller et al. (2007) indican que los factores económicos que los influyen también tienen efectos en doble dirección, “*como el*

*efecto del aumento de los biocombustibles y los costos de producción de la cadena de valor. Por un lado, menores costos de producción la incentivan y, por otro lado, el aumento en la producción puede generar economías de escala lo que puede provocar reducciones de costo en la cadena de valor.” (Astete-Miller et al., 2007: 20)*

Zarrilli (2006) por su parte afirma que *en la producción de muchos cultivos energéticos y en la transformación de las materias primas en biocombustibles se manifiestan economías de escala importantes, principalmente en el cultivo de materias primas utilizadas para la producción de bioetanol, mientras que en los cultivos destinados a la producción de biodiesel se ofrecen mayores posibilidades de producción y transformación descentralizadas (Zarrilli, 2006: 40)*. En este contexto, considera que la inclusión de los pequeños productores es positiva, aunque lo apropiado sería a través de medios organizativos como cooperativas y principalmente para la producción local y las grandes empresas para la exportación. La disyuntiva surge en que si bien los pequeños productores podrán alcanzar un medio de vida sostenible, los grandes ingresos provistos del comercio internacional llegarán a una menor cantidad de personas.

Astete-Miller et al. (2007), por su parte, afirman que el incremento en la demanda por cultivos energéticos incrementa la demanda por insumos para la producción de dichos cultivos, por ejemplo, de mano de obra.

En relación a la demanda de trabajo, Singh (2006) realiza un análisis de caso para Sudáfrica y halla que una política de apoyo al bioetanol en ese país (subsidios) bajo múltiples escenarios de precio internacional de petróleo, de precio del maíz y de tipo de cambio, generaría en promedio 100 veces más empleo por litro de bioetanol que por importación de crudo. Asimismo, calculan que el costo por empleo soportado con una reducción de impuestos es diez veces menor que el costo de un empleo promedio en el país. En el extremo, argumentan que un aumento en 3 veces de los impuestos a combustibles fósiles y una reducción a cero de los impuestos a los biocombustibles sería posible y beneficioso en términos de creación de empleo.

Similar análisis realizan Fritsche et al. (2012) para el caso de Tailandia. En este caso, dada la fuerte participación de la agricultura en la economía, encuentran fuertes beneficios en la creación de empleo tanto en este sector como en el sector de procesamiento de biocombustibles gracias a la intensidad laboral de la industria (hasta diez veces más intensivo en mano de obra que la producción de diésel y casi veinte veces más que la gasolina) (Fritsche et al., 2012: 417)). Así, la generación de empleo en la agricultura correspondería a más del 90%

de empleos generados por el desarrollo de estos bienes si se utilizaran tres posibles insumos de los cuatro analizados (yuca, caña de azúcar o aceite de palma). Los autores hallan una generación de empleo hasta el año 2022 de entre 230 mil a 400 mil empleos, un incremento de 150 millones en el PBI gracias al efecto multiplicador de los biocombustibles, y una mejora en la balanza comercial estimada en casi mil millones. Por ello, los autores recomiendan que se incentive la seguridad energética y la reducción de la pobreza en zonas rurales en los países en desarrollo, cuya agricultura tiene una participación importante y es más intensiva en mano de obra. No obstante, indican que una medida más exacta de los beneficios potenciales del desarrollo de los biocombustibles debe incluir una investigación sobre la “*calidad del empleo, los derechos laborales y las condiciones de trabajo*” (Fritsche et al., 2012: 410) y que mientras los precios del petróleo continúen en un nivel bajo será necesaria la utilización de exenciones de impuestos.

No obstante, Astete-Miller et al. (2007) observan que hay casos en que la posibilidad de obtener economías de escala puede incentivar la posterior mecanización de los métodos de producción en zonas donde los cultivos previamente fueron más intensivos en mano de obra, lo cual pudiera tener, finalmente, efectos negativos sobre el empleo de la zona. No obstante, los autores afirman que el impacto de los biocombustibles en el nivel de empleo rural es ambiguo.

La FAO (2010) por su parte realizó un análisis detallado sobre los posibles impactos que el incremento de la producción de biocombustibles en Perú tendría en el sector de los combustibles.<sup>81</sup> Los resultados del modelo de equilibrio general computable arrojan, en general, impactos negativos en este sector que dependen, en gran medida, del tipo de biocombustible producido y más específicamente del tipo de materia prima usada para su elaboración. Por ejemplo, exponen que cuando se produce etanol a partir de melaza el impacto negativo es más del doble del que se observa si la materia prima del etanol es la caña de azúcar, y que el impacto es mucho mayor cuando se produce biodiesel, alcanzando un impacto negativo mayor al triple cuando la jatropha se utiliza como materia prima. Una razón argumentada es que la política de mezcla obligatoria para el biodiesel representa un volumen mayor que en el caso del etanol. Además existe un efecto precio cuyo canal de transmisión inicia con el mandato de mezcla que obliga al mezclador a utilizar el biocombustible, el cual es más caro que el combustible fósil, por lo que el precio del combustible aumenta, y sobre todo

---

<sup>81</sup> Según la política de mezcla correspondería al combustible derivado del petróleo con un porcentaje obligatorio de biocombustible (Gasohol, Diésel B5).

cuando se utilizan materias primas ineficientes (jatropha o melaza). El efecto del alza de precios se expande a toda la economía con lo que la demanda de combustibles disminuye.

#### *Disyuntivas de medidas para promover los biocombustibles*

Lapan y Moschini (2009) usaron un modelo de equilibrio general computable para realizar un análisis comparativo, en términos de bienestar, de la aplicación de las diversas políticas aplicadas a los biocombustibles y concluyeron que los mandatos de mezcla obligatoria a los biocombustibles son más eficientes que los subsidios, y que la combinación de impuestos a los combustibles y políticas de mezcla obligatoria resultan más convenientes que los subsidios en torno al incremento del bienestar. Los autores también afirman que una de las motivaciones para la promoción de los biocombustibles es que éstos tienen el potencial de proporcionar una fuente de energía limpia, condicionada a que la producción de biocombustibles, desde el punto de vista del análisis del ciclo de vida, tuviera un balance energético positivo.

Timilsina et al. (2011) realizan un estudio en el que analizan la conveniencia de la aplicación de un impuesto a la emisión de  $CO_2$  para la reducción de los mencionados gases y en qué condiciones puede ayudar a una mayor penetración de los biocombustibles en la matriz energética.

Los autores indican que la poca penetración de los biocombustibles en las economías se debe a la competencia desigual con los combustibles fósiles, cuyo precio no internaliza los efectos ambientales que tienen, por lo que sostienen que una forma de “igualar” las condiciones sería un impuesto a las emisiones de los combustibles fósiles.

La disyuntiva que observan los autores es que la imposición del impuesto tendría efectos negativos en el producto de la economía, pero es una herramienta eficiente para la reducción de emisiones. Los autores indican que un subsidio directo sería mejor en términos de efectos sobre la economía pero si se desea reducir emisiones y promover los biocombustibles, una opción de política plausible es el impuesto a las emisiones de  $CO_2$ , el cual, si es apropiadamente diseñado (si toma en cuenta las emisiones por el cambio de uso de tierras, entre otros), puede ayudar a ambos objetivos si parte de la recaudación se utiliza para subsidiar a los biocombustibles. Esto no se logra si el impuesto es remitido a los hogares mediante transferencias a suma alzada.

Al respecto, Mazumder (2014) utiliza también un modelo de equilibrio general computable para determinar la efectividad de las políticas intervencionistas en el mercado de

biocombustibles y su impacto en el bienestar. La autora concluye que un subsidio a los biocombustibles no logra reducir el consumo de los combustibles derivados del petróleo; sin embargo, un impuesto sobre dichos combustibles logra resultados más eficientes dado que impacta positivamente en el bienestar ya que dicho mercado presenta externalidades negativas como la contaminación. Otra importante conclusión está relacionada a los objetivos de seguridad energética, la cual, según los resultados obtenidos por la autora, se lograrían a través de una combinación de un impuesto a los combustibles derivados del petróleo y un subsidio a los biocombustibles, bajo la condición de que el impuesto sea superior al subsidio en términos monetarios.

En relación a las políticas en favor de los biocombustibles, Cui et al. (2012) mencionan también al impuesto al carbono como el gran estándar de política de biocombustibles, pero indican que para que sea una herramienta efectiva se tiene que lidiar con la incertidumbre asociada al valor del costo social de la contaminación. Por otro lado, argumentan que las políticas en favor de los biocombustibles deben tener un argumento diferente, dado que el argumento de la reducción de las emisiones “se ha vuelto controversial” (Cui et al., 2012: 277). La argumentación, según los autores, debe abordar el tema de las fallas de mercado: la falta de una valorización adecuada de las emisiones de gases de efecto invernadero o la política de seguridad energética pueden ser asociadas a fallas de mercado. La existencia del cártel de la OPEP implica una falla de la asignación de recursos desde el punto de vista de la competencia.

Cui et al. (2012) concluyen su estudio haciendo énfasis en el interés en el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación, justificado por controversias asociadas a los biocombustibles de primera generación como la contribución efectiva y realista que tienen en la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y su impacto en los precios de los alimentos. En primer lugar, indican que si bien reducen las emisiones, el efecto es limitado dependiendo del grado en que el biocombustible logra sustituir al combustible fósil; en segundo lugar, el efecto de los precios en la distribución de la riqueza puede afectar a los países menos desarrollados. Según los autores, el efecto sobre los precios ligado a los biocombustibles aún no está definido totalmente pero se esperaría que el efecto sobre los alimentos sea mayor que en los precios de la energía.

### Consideraciones finales

Los estudios muestran en general que los efectos de un programa de biocombustibles pueden ser positivos en términos de la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (importancia del análisis del ciclo de vida), en la creación de empleo en zonas

rurales, en el PBI, en la balanza comercial pero está condicionado por los riesgos de la inversión que implican varias variables como el tipo de insumo utilizado, la organización de la agricultura, la tecnología de producción, las condiciones de trabajo, la gobernanza, etc. y también puede tener efectos adversos en distintos aspectos de la economía tanto a nivel sectorial como agregado. El Cuadro N° 17 resume las ventajas y desventajas identificadas en los estudios.

**Cuadro N° 17: Balance de las potenciales ventajas y desventajas teóricas de la implementación de biocombustibles**

Ventajas	Desventajas
Las emisiones de $CO_2$ del uso del biocombustible para el transporte es menor que el de los combustibles derivados del petróleo.	El uso de biocombustibles está asociado a cambios en el uso de la tierra y la contaminación asociada a ello. (Filoso y Martinelli, 2008)
	Expansión de la frontera agrícola, presiones sobre los recursos naturales y homogenización de ecosistemas. (Astete-Miller et al., 2007).
	Riesgo en la seguridad alimentaria desde el punto de vista de usos alternativos de los cultivos energéticos. (Cui et al., 2012).
La interdependencia entre los mercados de alimentos y energía podría provocar que los biocombustibles reduzcan la variabilidad de los precios de los productos agrícolas ante shocks aleatorios y climáticos. (Hochman et al., 2008).	Incremento desmesurado del precio de los alimentos, ya sea por la sustitución del uso de la tierra como por el desplazamiento de los alimentos que también son insumos para la producción de biocombustibles (Rajagopal y Zilberman, 2007).
La producción de biocombustibles, puede representar una transferencia de ingreso de las zonas urbanas hacia las rurales (CEPAL, 2007).	La producción de biocombustibles genera efectos negativos socioeconómicos, principalmente en las sociedades donde persiste la agricultura de subsistencia (Venghaus y Selbmann et al., 2013).
La producción de biocombustibles a gran escala contribuiría a incrementar el valor agregado agrícola como resultado de la expansión de la tierra (Khwaja J. et al., 2010).	
Manifestaciones de economías de escala importantes en la transformación de cultivos energéticos en biocombustibles (Zarrilli, 2006).	
Una política de apoyo al bioetanol generaría en promedio 100 veces más empleo por litro de bioetanol que por importación de crudo (Singh, 2006).	La posibilidad de obtener economías de escala puede incentivar la posterior mecanización, generando efectos negativos sobre el empleo de la zona (Astete-Miller et al., 2007).
Los mandatos de mezcla obligatoria son más eficientes que los subsidios, y la combinación de éstos con impuestos a los combustibles resulta más conveniente que los subsidios en torno al incremento del bienestar (Lapan H., y Moschini G., 2009).	Un subsidio a los biocombustibles no logra reducir el consumo de los combustibles derivados del petróleo; sin embargo, un impuesto sobre éstos logra resultados más eficientes dado que impacta positivamente en el bienestar por la presencia de externalidades negativas (Mazumder, 2014).

Elaboración: GPAE-Osinermin

Respecto a Perú, las disyuntivas encontradas en la literatura demuestran que existen múltiples aristas que considerar al momento de intentar desarrollar una industria de biocombustibles. Entre los aspectos importantes que pueden relacionarse a la experiencia peruana se encuentran el uso de los suelos y la dotación de los mismos, el comportamiento de los precios de los alimentos y los combustibles, la idoneidad de los cultivos energéticos, los subsidios y las externalidades.

En primer lugar, el cultivo de caña de azúcar se realiza principalmente en la costa y parte de estas tierras se están destinando a cubrir la demanda nacional de etanol. La expansión del uso de este cultivo para etanol tendría que considerar la viabilidad del proyecto en términos del costo de oportunidad del uso de tierras adicionales, una disminución de la producción de azúcar o de otros cultivos. La costa peruana es desértica, por lo que la utilización de tierras para la agricultura es limitada.

Si bien estudios expuestos en este Documento de Trabajo, como el de FAO (2010), indican que para el objetivo de mejorar la economía de los hogares rurales, el cultivo de la caña de azúcar para etanol tiene efectos positivos o neutrales y que tiene un efecto positivo en la reducción de monóxido de carbono, es necesario recordar que la producción interna de etanol no estaría siendo lo suficientemente atractiva o no existe suficiente capacidad de producción para cubrir la demanda interna, por lo que las empresas están teniendo que importar alrededor de la mitad de etanol para cumplir con la mezcla obligatoria. Cabe señalar que la imposición de la política de mezcla obligatoria es la que genera inicialmente la demanda de cultivos energéticos, pero su evolución, depende de la demanda de combustibles y de alimentos.

El caso del biodiesel es más crítico, puesto que se han llevado a cabo varios proyectos de cultivo de palma aceitera y jatropha en la selva para la producción del biodiesel pero la información encontrada revela que no puede competir con las importaciones. Si bien los suelos que están siendo utilizados son suelos deforestados y degradados<sup>82</sup> y que no competirían con los suelos de otros cultivos, el hecho de que se esté importando una cantidad equivalente a la demanda interna significaría que las empresas mencionadas en este Documento de Trabajo no están siendo viables.

---

<sup>82</sup> De acuerdo a lo indicado por la DRA San Martín en su página web. Recuperado el 30/06/2016. <http://www.regionsanmartin.gob.pe/noticias.php?codigo=2234>

De acuerdo a Astete-Miller et al. (2007), la existencia de pequeños productores es acompañada de mayores costos de transacción y una tecnología menos moderna. Si bien en el Perú la producción de pequeños productores está caracterizada porque varios de ellos están asociados entre sí, según DEVIDA, el 50% de la producción es llevada a cabo por agricultores con pequeñas parcelas. Además, las vías de transporte en la selva no están muy desarrolladas y los mayores productores de combustibles están en la costa, lo cual incrementa el costo de transporte del biodiesel hacia las refinerías y, por lo tanto, el costo de producción de los combustibles.

Sumado a ello, se encuentra el resultado del estudio de la FAO (2010) que concluye que el biodiesel no es efectivo para mejorar la economía rural y la redistribución del ingreso en el Perú. En ese sentido, la política relacionada para el desarrollo del biodiesel necesitaría ser, al menos, re-evaluada.

Respecto a los efectos en los precios de los combustibles y los alimentos, la literatura encontrada refiere que los precios de ambos tipos de bienes se incrementarían debido a la sustitución de cultivos y cambios de uso de tierras. La adición de un porcentaje de biocombustibles a los combustibles fósiles incrementa su costo de producción y el uso de tierras de cultivo que se destinen a un fin diferente a los alimentos afecta al precio de éstos. Asimismo, se espera que exista una mayor relación entre los mercados mundiales de alimentos y de combustibles derivados del petróleo a medida que los biocombustibles de primera generación se expanden, los cuales tienen cierta volatilidad. Por otro lado, Serra y Zilberman (2013) indican que un incremento del precio de los alimentos tendría un efecto negativo en la competitividad de los biocombustibles, lo que aumentaría la necesidad de subsidiar y proteger a los agricultores.

Por otro lado, es importante señalar que el rápido desarrollo de los biocombustibles de la década pasada se debió a la confluencia de diversos factores como el alza del precio del petróleo y la mayor preocupación por la contaminación ambiental y el cambio climático. El desarrollo de fuentes de energía alternativas al petróleo depende del nivel del precio de este pues, si el costo de desarrollarlas es más alto que comprar petróleo, no son competitivas. Ahora el precio del petróleo está muy por debajo de los niveles alcanzados en la década pasada, lo que afecta la viabilidad de los proyectos de desarrollo de los biocombustibles. Si a esto se le añade el hecho de que el Perú es un productor pequeño e incipiente de biocombustibles, es muy difícil que pueda competir con los países que ya cuentan con una industria en este rubro.

Respecto a la idoneidad de los cultivos utilizados para la producción de biocombustibles en el Perú, como ya se mencionó, el estudio de la FAO (2010) indica que el biodiesel no es eficiente para mejorar la economía rural y la distribución del ingreso, especialmente si el cultivo utilizado es la *jatropha*, un producto que ha sido estudiado para el desarrollo del biodiesel en el país. Por otro lado, la intensiva importación de biodiesel refleja que los cultivos utilizados en el país no serían competitivos; las razones ya han sido mencionadas (poca competitividad, costos de transporte, etc.) En cuanto a la caña de azúcar, el etanol compite con el uso de la caña para producir azúcar para el consumo industrial y de los hogares, así como las condiciones favorables para su exportación a Estados Unidos. En ese sentido, el etanol tendría que ser más competitivo que la producción alternativa derivada del propio cultivo energético, en principio, para que los agricultores sustituyan la producción.

Por otro lado, el número de hectáreas disponibles en el Perú para la agricultura es menor a otros grandes productores de alimentos, por lo que el etanol también tiene que competir con el objetivo de la seguridad alimentaria y los usos alternativos de la tierra. Por ello, es necesario que la evaluación de los biocombustibles considere la seguridad energética y reducción de la contaminación sin perjudicar otros objetivos importantes como la seguridad alimentaria y el bienestar social.

Respecto a las medidas de política más utilizadas como los subsidios, se ha visto en la literatura la recomendación de basarse en un enfoque de impuestos a las emisiones en lugar de subsidios o por lo menos que el primero financie al último, todo esto en adición a la política de mezcla obligatoria. Como se indicó en secciones anteriores, en el Perú se implementó una política de mezcla obligatoria de 7.8% para el etanol y 5% para el biodiesel junto a exenciones de impuestos que, por ejemplo, ya estaban vigentes en la zona de la selva, para incentivar los cultivos energéticos. Cabe señalar que teóricamente, el impuesto a las emisiones tendría el efecto de internalizar las consecuencias ambientales de los combustibles fósiles, asociado a la falla de mercado. Sin embargo, el hecho de que existe una controversia respecto a la reducción del dióxido de carbono en la producción de los biocombustibles (análisis ciclo de vida), un impuesto adicional a los combustibles podría encarecerlos aún más independientemente de la evolución del precio internacional del petróleo. Aún si el impuesto se utilizara en financiar el subsidio, se ha observado que este último no ha servido para el objetivo de la seguridad energética dado el nivel de importación.

Finalmente, se puede recomendar hacer una evaluación completa de los resultados de la política de incentivo a los biocombustibles que trate de explicar las razones de los

resultados, especialmente los que se han podido mencionar en este Documento de Trabajo. No obstante, las condiciones actuales del mercado mundial de combustibles hacen poco viables a varias fuentes alternativas de energía.

## 6. Conclusiones

Los biocombustibles son utilizados mezclándolos con los combustibles fósiles en una proporción que es determinada por la entidad encargada del marco normativo energético de cada país. En el caso de Europa, si bien los países tienen cierta libertad para definir sus propios requerimientos mínimos, existe una regulación referencial comunitaria. Algunos países establecen metas en función de contenido energético, otros del contenido volumétrico y algunos ya han emitido en función a las emisiones de GEI.

En América Latina los requerimientos mínimos son similares a los europeos e incluso en algunos casos ya se han definido metas al 2020. El desarrollo de los biocombustibles tiene en Brasil a su principal exponente latinoamericano gracias al desarrollo de la industria del etanol a partir de la caña de azúcar desde la década de 1970. La EIA pronostica un crecimiento de la producción de 8.3% en biodiesel en este país entre 2012 y 2018 en línea con la meta de alcanzar un 20% de mezcla de biodiesel y diésel. Otros casos emblemáticos en Latinoamérica son Argentina, con su gran industria aceitera y Colombia con una importante producción de etanol y biodiesel.

El consumo mundial de biocombustibles ha aumentado de aproximadamente 556 MBPD en el 2002 a 2 557 MBPD en el 2015 según la OCDE-FAO<sup>83</sup>, mientras que la producción mundial aumentó de 295 MBPD en el 2003 a 1 503 MBPD en el 2015, según la British Petroleum. El principal consumidor de etanol es Estados Unidos seguido de Brasil, mientras que el principal consumidor de biodiesel es Europa. La mayor producción de biocombustibles se encuentra en América del Norte (Estados Unidos) y América del Sur (Brasil).

Las expectativas sobre el desarrollo de la industria de los biocombustibles están llevando al estudio de la viabilidad de nuevos tipos cultivados y producidos a partir de insumos no relacionados a cultivos de alimentos y que se pueden cultivar en tierras no ligadas a la agricultura. Entre los diferentes biocombustibles que se están estudiando y algunos ya han iniciado producción a pequeña escala se encuentran los biocombustibles a base de algas, el biodiesel hidrogenado, el éter de dimetilo, el gas natural biosintético, entre otros.

---

<sup>83</sup> Fuente: OCDE-FAO Agricultural Outlook (Perspectivas Agrícolas) 2016-2025. En: <http://stats.oecd.org>

Sin embargo, el desarrollo de los biocombustibles está en una situación de espera debido al bajo precio del petróleo, la reducción del apoyo gubernamental en algunos países y la preocupación por la reducción de tierra de cultivos para alimentos.

Abona a esta situación de espera los problemas y controversias en los que se encuentra inmerso los biocombustibles. Uno de ellos es que la producción se desarrolla principalmente en los países en desarrollo y enfrentan diversas barreras a la entrada a los principales consumidores de Europa debido al proteccionismo de sus industrias agrícolas. Por otro lado, se encuentra el argumento de los daños ambientales que esta industria genera con el cambio de uso de suelos destinados a otros cultivos o los no dedicados a la agricultura y que son transformados en tierras agrícolas para el cultivo del insumo para los biocombustibles. Algunos estudios han encontrado consecuencias negativas de esto, especialmente en la industria de caña de azúcar de Brasil. Otro problema para el desarrollo de los biocombustibles ha sido la dificultad técnica para su producción, especialmente los de segunda generación.

Problemas de tipo regulatorio que se han encontrado en la literatura son la inclusión del análisis del ciclo de vida (cuyas mediciones no son certeras) en la regulación de Estados Unidos, la cual ha sido criticada pues afecta a agentes por decisiones que toman otros. Por otro lado, diversos investigadores encontraron que los créditos fiscales otorgados a los productores en Estados Unidos tienen consecuencias negativas para la economía estadounidense e incluso desincentivan el desarrollo tecnológico. Asimismo, se ha encontrado que las políticas de biocombustibles mundiales explican la mayor parte del incremento de los precios de los alimentos que afectan a la población mundial, en países pobres especialmente, mientras que los beneficios en materia de ahorro en gasto de combustibles y en aumento de la seguridad energética no son contundentes. Por otro lado, un estudio en Europa mostró que las regulaciones relacionadas al consumo de biocombustibles afectan a los consumidores, pues al final ellos pagan el precio extra derivado de la regla.

Por otro lado, en el presente trabajo se enumeraron algunas disyuntivas sobre el desarrollo y uso de los biocombustibles, principalmente a partir del interés que generaron como posibilidad de diversificación de la oferta energética y reducir la dependencia del petróleo y la contaminación ambiental.

De acuerdo a la revisión de la literatura, el aspecto ambiental positivo de los biocombustibles está relacionado a que emitan menos dióxido de carbono que los combustibles fósiles. Sin embargo, esta afirmación no incluye los efectos de emisiones provocadas por el mayor cultivo del insumo para los biocombustibles y el proceso de

refinación. El efecto neto en las emisiones es aún un tema en discusión. Algunos estudios muestran consecuencias negativas, mientras que otros indican que dependen de diversos factores.

La mezcla obligatoria de derivados del petróleo y biocombustibles puede tener consecuencias a partir de su efecto en la demanda de los últimos dado que incrementaría la demanda de tierras para los cultivos asociados a los biocombustibles y podría desencadenar una mayor presión en los ecosistemas y recursos que son desplazados por la necesidad de producir una mayor cantidad de biocombustibles.

Para los países con grandes dotaciones de tierra, la producción se hace a gran escala, por lo que una mayor demanda puede ser cubierta con mayor facilidad y sin tantos problemas logísticos y costos de transacción que en los países con menor dotación de tierra y mayor cantidad de productores, donde una mayor demanda será cubierta si la gran cantidad de pequeños productores se asocian.

La demanda de biocombustibles no sólo afectaría a los precios de los cultivos asociados sino también a los de otros bienes que competirán por el uso de la tierra de cultivo, lo que a su vez podría significar una disminución de la disponibilidad de los últimos en cantidad y calidad afectando sus precios. No obstante, el efecto neto en los precios aún es un tema de investigación. Un estudio teórico – empírico reciente halló una relación positiva entre los precios de la energía y los de alimentos en el marco del desarrollo de los biocombustibles. Se deriva aquí una disyuntiva por el costo de oportunidad para los agricultores entre cultivar alimentos o fuentes de energía, generado con el aumento de la demanda de energía.

El efecto en los precios de los cultivos podría afectar la distribución del ingreso en el sentido de que los precios finales se incrementarían transfiriendo montos de los consumidores a los productores. Asimismo se halló que los mandatos de mezcla de biocombustibles no benefician significativamente a los hogares rurales. Los efectos positivos o negativos dependen de las condiciones de funcionamiento de la industria de biocombustibles y de la estructura de la economía (insumo, tierra, organización industrial, importancia del sector agrícola, etc.)

Algunos estudios analizan las políticas de incentivo a los biocombustibles y recomiendan la implementación de un impuesto a las emisiones para que los combustibles fósiles incorporen los efectos ambientales que provocan y con parte de los ingresos se subsidie la producción de biocombustibles. No obstante, la efectividad de esta herramienta depende de la incertidumbre del valor del costo social de la contaminación.

El desarrollo de la segunda generación de biocombustibles genera expectativa, principalmente por las dudas que existen sobre la verdadera efectividad en la reducción de la contaminación y sus efectos posibles en los precios de los alimentos de los biocombustibles de primera generación.

A partir de lo observado en la literatura queda claro que el desarrollo a gran escala de los biocombustibles es una decisión que debe tomarse cuidadosamente, deben sopesarse los posibles efectos en la economía interna incluyendo los aspectos económicos, sociales y ambientales, que pasan no sólo por la adecuada elección de la materia prima a utilizar y el estudio de cuánta tierra se puede destinar a ello sin afectar al medio ambiente y a la economía de los consumidores y productores. Por ello, las políticas a implementar deben considerar estos posibles riesgos para aprovechar los beneficios.

Respecto a Perú, el cultivo de caña de azúcar se realiza principalmente en la costa y un 10% de estas tierras se están destinando a cubrir la demanda nacional de etanol. La utilización de tierras para la agricultura es limitada y su asignación a los diferentes cultivos se debería hacer de acuerdo a las ventajas comparativas.

La producción interna de etanol no estaría siendo lo suficientemente atractiva o no existe suficiente capacidad de producción para cubrir la demanda interna, por lo que las empresas están teniendo que importar cerca del 50% de etanol para cumplir con la mezcla obligatoria. La política de mezcla obligatoria genera la demanda de cultivos energéticos, pero su evolución, depende de la demanda de combustibles y de alimentos, entre otros factores. Sería conveniente analizar la viabilidad a mediano y largo plazo del uso de caña de azúcar para este fin frente al desarrollo de otro cultivo o un mayor aprovechamiento de las condiciones favorables de exportación de caña de azúcar a Estados Unidos.

El caso del biodiesel es más crítico, ya que enfrenta costos de producción poco competitivos y unas vías de transporte poco desarrolladas en la selva. Como resultado, toda la demanda interna se está cubriendo con importaciones.

Respecto de los precios, los resultados de los estudios permiten observar la necesidad de averiguar la participación de la política de mezcla y factores de mercado en la diferenciación de precios entre combustibles “puros”, biocombustibles y otros bienes, los efectos en la distribución de la riqueza y la competitividad de los biocombustibles.

Finalmente, es recomendable hacer una evaluación completa de los resultados de la política de incentivo a los biocombustibles. Una primera evaluación del impacto económico de

los biocombustibles se realiza en el artículo “La política de introducción de los biocombustibles en el Perú: Una evaluación desde un enfoque de Equilibrio General Computable” a publicarse próximamente en el Reporte de Análisis Económico Sectorial de Hidrocarburos Líquidos N° 7.

## 7. Glosario

ACV	Análisis del Ciclo de Vida
ALCA	Área de Libre Comercio de las Américas
BX	Biodiésel X% (porcentaje de mezcla de biodiesel con el diésel, B2=2%)
Bio-SG	Gas bio-sintético
BNAmericas	Business News Americas
BOD	Demanda bioquímica de oxígeno,
BPD	Barriles por día
BtL	Biomasa licuificada
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIAM	Consejo Interregional Amazónico
CIF	Cost, Insurance and Freight
CITE	Centros de innovación tecnológica
CNMC	Comisión Nacional de Mercados y Competencia (absorbió Comisión Nacional de Energía)
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
D.S.	Decreto Supremo
DED	Organización Alemana de Desarrollo
DER	Directiva de Energía Renovable
DEVIDA	Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas
DIC	Carbono inorgánico disuelto,
DIN	Nitrógeno inorgánico disuelto,
DO	Oxígeno disuelto
DOC	Carbono orgánico disuelto
DON	Nitrógeno orgánico disuelto.
DRA	Dirección Regional Agraria
EEA	Estación Experimental Agraria
EIA	Energy Information Administration (E.E.U.U.)
EIBI	Iniciativa Europea de Bioenergía Industrial
EISA	Energy Independence and Security Act
EMPA	Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
ETBE	Etil terbutil Éter
EX	Etanol X% (porcentaje de mezcla de etanol con un combustible E10=10%)
FAME	Fatty Acid Methyl Esters
FAO	Food and Agriculture Organization
FFA	Fatty free acids (ácidos grasos libres)
FMI	Fondo Monetario Internacional
FOB	Free on board
GEI	Gases de efecto invernadero
GNC	Gas natural comprimido
GNL	Gas natural licuefactado
GPAE	Gerencia de Políticas y Análisis Económico
Has	Hectáreas
HVO	Aceite vegetal hidrotratado.
I+D	Investigación y Desarrollo
IEA	International Energy Agency (Agencia Internacional de la Energía)

IFPRI	International Food Policy Research Institute
IGV	Impuesto General a las Ventas
IIAP	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
ILUC	Indirect land use change
Inacal	Instituto Nacional de la Calidad
INDUPALSA	Industria de Palma Aceitera de Loreto y San Martín S.A.
INIA	Instituto Nacional de Investigación e Extensión Agraria
ISC	Impuesto Selectivo al Consumo
ITF	Informe Técnico Favorable
JEL	Journal of Economic Literature
Log	Logaritmo natural
MBPD	Miles de barriles por día
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MERCOSUR	Mercado Común del Cono Sur
Minagri	Ministerio de Agricultura y Riego
Minam	Ministerio del Ambiente
MJ	Mega joules
MMBLS	Millones de barriles
MMBPD	Millones de barriles por día
MMI	Millones de litros
MW	Mega watts
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OLADE	Organización Latinoamericana de la Energía
OLAMSA	Oleaginosas Amazónicas S.A.
OLPASA	Oleaginosas Padre Abad S.A.
OLPESA	Oleaginosas del Perú S.A.
OMC	Organización Mundial del Comercio
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
Osinergmin	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PBI	Producto Bruto Interno
Petroperú	Petróleos del Perú S.A.
pp	Página(s)
PROBIOCOM	Programa de Promoción del uso de Biocombustibles
PRODUCE	Ministerio de la Producción
PROINVERSIÓN	Agencia de Promoción de la Inversión Privada
RCD	Resolución de Consejo Directivo
RELAPASA	Refinería La Pampilla S.A.
RFS	Renewable Fuel Standard
RIN	Renewable Identification Number
S.A.C.	Sociedad Anónima Cerrada
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (México)
SEMPALMA	Semillas De Palma Aceitera Nuevo Amanecer S.A.
SNMPE	Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
SNV	Servicio Holandés de Cooperación y Desarrollo
Toe	Tonelada equivalente de petróleo
UE	Unión Europea
US\$	United States dollars (dólares de Estados Unidos)
US\$/ha	Dólares por hectárea
US\$/Litro	Dólares por litro

US\$/Ton

USDA

Vol.

WBA

Dólares por tonelada

United States Department of Agriculture

Volumen

World Bioenergy Association

## 8. Referencias

Aasness, Jorgen., Bye, Torstein. y Hans Terje Mysen. (1996). “Welfare Effects of Emissions Taxes in Norway”. *Energy Economics* 18, .335-346.

Ajila, Víctor; Chilibingua, Byron (2007). *Análisis De Legislación Sobre Biocombustibles en América Latina*. Quito: Organización Latinoamericana de Energía - OLADE.

Astete-Miller, Sofía; Ludeña, Carlos; Razo, Carlos y Alberto Saucedo. (2007). *Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina*. Nueva York y Ginebra: Unidad de Desarrollo Agrícola División de Desarrollo Productivo y Empresarial (CEPAL).

Asmelash, Elisa; Bridle, Richard; Charles, Chris; Gerasimchuk, Ivetta; Laan, Tara y Tom Moerenhout (2013). *Biofuels—At What Cost? A review of costs and benefits of EU biofuel policies*. Ginebra: IISD/GSI.

Bach, Stefan; Kohlhaas, Michael; Meyer, Bernd; Praetorius, Barbara y Heinz Welsch (2001). “The Effects of Environmental Fiscal Reform in Germany: A Simulation Study”, *Energy Policy* 30(9), 803-811.

Bahel, Eric; Marrouch, Walid y Gérard Gaudet (2013). “The economics of oil, biofuel and food commodities”. *Resource and Energy Economics*, 35(4), 599-617.

Baker, Andrew (Marzo, 2016). “Argentina obtiene victoria en disputa por biodiésel con UE”. *Business News Americas*. Recuperado el 18 de abril de 2016 en: <http://www.bnamericas.com/es/news/petroleoygas/argentina-obtiene-victoria-en-disputa-por-biodiesel-con-ue>

Barrera, Luis; Montiel, Héctor; y Fabiola Serna (2011). “Impacto social y económico en el uso de biocombustibles”. Universidad Alberto Hurtado. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(1), 100-114.

Barrientos, Pedro (2009). “Los biocombustibles y su efecto en la agricultura peruana”. *Pensamiento Crítico*, 10. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Becerra, Luis (2012) “La demanda de etanol en Estados Unidos, 1981-2009”. El Colegio de Sonora. *Revista Región y Sociedad*, XXIV(53), 205-229.

Bhattacharyya, Subhes C. (1996). "Applied general equilibrium models for energy studies: a survey". *Energy Economics*, 18(3), 145-164

Böhringer, Christoph., Michael Ferris y Thomas F. Rutherford (1998). "Alternative CO2 Abatement Strategies for the European Union", in Braden, John B. and Stef Proost (eds.) *Climate Change, Transport and Environmental Policy: Empirical Applications in a Federal System*. London: Edward Elgar.

Böhringer, Christoph. y Rutherford, Thomas F. (1997). "Carbon Taxes with Exemptions in an Open Economy: A General Equilibrium Analysis of the German Tax Initiative" *Journal of Environmental Economics and Management*, 32(2), 189-203.

Business News Americas (2013). "Biofuels in Latin America: The state of play". *Oil & Gas Intelligence Series*. Septiembre 2013.

Bruinsma, Baukje (2009). *Producción de Biodiesel de Palma Aceitera y Jatropha en la Amazona del Perú y el Impacto para la Sostenibilidad*. AGRITERRA (Holanda) y CONVEAGRO (Perú).

Caballero, Jorge (2010). "Resultados de la Fiscalización del Gasohol en Piura" [Diapositivas]. Unidad de Operaciones Especiales. División de Supervisión Regional. Gerencia de Supervisión de Energía. Osinergmin.

Capros, P.; Georgakopoulos, T.; Van Regemorter, D.; Proost, S.; Conrad, K.; Schmidt, T.; Smeers, Y.; Ladoux, N.; Vielle, M. y P. McGregor (1995). "GEM-E3.Computable General Equilibrium Model for Studying Economy-Energy-Environment Interactions" *European Commission*. EUR 16714 EN.

Congreso de la República del Perú (1998). *Ley N° 27037 Ley de Promoción de la Inversión en la Amazonía*.

Crispin, Marianella; Felix, Erika y Julián Andrés Quintero (2010). *Análisis de costos de producción de biocombustible en Perú: Una dimensión social*. Food and Agriculture Organization (FAO), 97–115.

Cui, Jingbo; Lapan, Harvey y GianCarlo Moschini (2012). *Economics of Biofuels: An Overview of Policies, Impacts and Prospects*. Working Paper N° 12021. Iowa State University, Department of Economics.

Dixon, Peter; Gehlhar, Mark; Rimmer, Maureen; Somwaru, Agapi y Ashley Winston (2010) “Economywide Implications from US Bioenergy Expansion”. *American Economic Review*, American Economic Association, 100(2), 172-177.

Echeverría, Ronal (2014). “Avances en la Investigación de Jatropha en la Región San Martín-Perú. Estación Experimental Agraria ‘El Porvenir’”. *Instituto Nacional de Investigación Agraria*. II Taller Panamericano de Innovación para la Producción Sustentable de Piñón (*Jatropha curcas*).

Elbehri, Aziz; Segerstedt, Anna y Pascal Liu (2013). *Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*. División de Comercio y Mercados. Food and Agriculture Organization (FAO).

EurObserv'ER (2016). *Biofuels barometer 2016*. Recuperado el 21 de diciembre de 2016 en: <https://www.eurobserv-er.org/pdf/2016/EurObservER-Biofuels-Barometer-2016-EN.pdf>.

EurObserv'ER (2015). *Biofuels barometer 2015*. Recuperado el 19 de abril de 2016 en: <http://www.eurobserv-er.org/biofuels-barometer-2015/>.

FAO (2010). *An Economic Assessment of Alternative Production Pathways for Peruvian Biofuels Production*. BEFS/FAO.

Faij, André; van Eijck, Janske y Bothwell Batidzirai (2014). “Current and future economic performance of first and second generation biofuels in developing countries”, *Applied Energy*, 135, 115-141.

Filoso, Solange y Luiz Martinelli (2008). “Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges”. *Ecological Applications*, 18(4), 885-889.

Fritsche, Uwe R.; Silalertruksa, Thapat; Gheewala, Shabir H. y Katja Hünecke (2012). “Biofuels and employment effects: Implications for socioeconomic development in Thailand”. *Biomass and Bioenergy*, 46, 409-418.

Furtado, André (2009). *Biocombustibles y Comercio Internacional: Una Perspectiva Latinoamericana*. Documento de Proyecto N° 247. CEPAL.

Goulder, Lawrence; Parry, Ian W. H.; Williams III Roberton C. y Dallas Burtraw. (1999). “The Cost-Effectiveness of Alternative Instruments for Environmental Protection in a Second-Best Setting”, *Journal of Public Economics*, 72(3), 329-360.

Goulder, Lawrence H., Parry, Ian W.H. y Dallas Burtraw (1997). "Revenue-Raising vs. Other Approaches to Environmental Protection: The Critical Significance of Pre-Existing Tax Distortions". *RAND Journal of Economics*, 28(4), 708-731.

Griffin, James M. (2013). "U.S. Ethanol Policy: Time to Reconsider?" *Energy Journal*, 34(4), 1-24.

Grupo Palmas (2014). *Reporte de Sostenibilidad 2013-2014*. Recuperado el 27 de abril de 2016 en: <http://www.palmas.com.pe/palmas/el-grupo/reportes-anuales>

Harrison, Glenn W. y Thomas F. Rutherford (1999). "Burden Sharing, Joint Implementation, and Carbon Coalitions", in Carrero, Carlo (ed.) *International Environmental Agreements on Climate Change*. Amsterdam: Kluwer Academic Press.

Harrison, Glenn W., Thomas F. Rutherford y Ian Wooton (1989). "The Economic Impact of the European Community". *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 79(2), 288-294.

Hernández, Evelyn (2008). *Estudio Comparativo de la Legislación Latinoamericana sobre Biocombustibles*. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo - SNV.

Hochman, Gal; Sexton, Steven y David Zilberman (2008). "The Economics of Biofuel Policy and Biotechnology". *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 6(2). University of California.

Hochman, Gal; Rajagopal, Deepak y David Zilberman, (2010). "Indirect Land Use: One Consideration Too Many in Biofuel Regulation". *Agricultural and Resource Economics Update*, 13(4), 1-4. University of California.

Hudson, E.A. y D.W. Jorgenson (1975). "U.S. Energy Policy & Economic Growth 1975-2000", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5(2), 461-514.

Indecopi (2015). *Observatorio de Mercados: Mercado de Azúcar*. Gerencia de Estudios Económicos, 9(26).

International Energy Agency (2011). *Technology Roadmap. Biofuels for Transport*.

Khwaja, Y. (ed) (2010). *Bioenergía y seguridad alimentaria "BEFS" El análisis de BEFS para el Perú Apoyo a la política bioenergética en Perú*. Food and Agriculture Organization (FAO).

Lapan, Harvey y GianCarlo Moschini (2009). *Biofuels Policies and Welfare: Is the Stick of Mandates Better than the Carrot of Subsidies?*. Iowa State University, Department of Economics.

Manne, Alan S. y R.G. Richels (1977). “ETA-MACRO: A Model of Energy-Economy Interactions”, en Hitch, Charles J. (ed.) *Modeling energy-economy interactions: Five approaches*, Research paper N° 5, Resources for the Future, Washington DC.

Mas-colell, Andreu; Winston, Michael & Jerry Green (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press.

Mazumder, Diya B. (2014). “Biofuel subsidies versus the gas tax: The carrot or the stick?” *Energy Economics*, 44, 361-374.

Ministerio de Agricultura y Riego (2015). *Anuario Estadístico de Producción Agrícola y Ganadera 2015*. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas.

Ministerio de Agricultura y Riego (2012). *La palma aceitera. Principales aspectos de la cadena productiva*. Informe Agroeconómico. Dirección General de Negocios Agrarios (ex Dirección General de Competitividad Agraria).

Ministerio de Agricultura y Riego (2007). *Biocombustibles y Marco Tributario*. Documento de Trabajo. Oficina de Tecnología de la Información (antes Dirección General de Información Agraria).

Ministerio de Economía y Finanzas (1999). *Decreto Supremo N° 055-99-EF. Texto Único Ordenado de la Ley del Impuesto General a las Ventas e Impuesto Selectivo al Consumo*. 16 de abril.

Nelson, Gerald y Richard Robertson (2008). “Green Gold or Green Wash: Environmental Consequences of Biofuels in the Developing World”. *Review of Agricultural Economics*, 30(3), 517-529.

OCDE/FAO (2016). *OCDE-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD Publishing, Paris. Disponible en: [http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook\\_19991142](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook_19991142)

OCDE/FAO (2015). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015-2024*, OECD Publishing, Paris. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-es).

OCDE/FAO (2014). OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2014-2023, OECD Publishing, Paris. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2014-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es).

Paccini, Henrique; Assunção, Lucas; van Dam, Jinke y Rudinei Toneto Jr. (2013). “The price for biofuels sustainability”. *Energy Policy*, 59, 898-903.

Parlamento Europeo y Consejo (2003). *Directiva 2003/30/CE relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte*.

Parlamento Europeo y Consejo (2009). *Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE*.

Place, Michael (Abril, 2016). “Brasil anuncia período de gracia de 12 meses para biodiésel”.

*Business News Americas*. Recuperado el 18 de abril de 2016 en:

<http://www.bnamericas.com/es/news/petroleoygas/brasil-anuncia-periodo-de-gracia-de-12-meses-para-biodiesel>

Proost, Stef and D. Van Regemorter (1995). “The Double-Dividend and the Role of Inequality Aversion and Macroeconomic Regimes”. *International Tax and Public Finance* Vol. 2, 207-219.

Rajagopal, Deepak y David Zilberman (2007). *Review of environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels*. The World Bank. Development Research Group. Sustainable Rural and Urban Development Team. Policy Research Working Paper 4341.

Rajcaniova, Miroslava; Drabik, Dusan y Pavel Ciaian (2014). “How policies affect international biofuel price linkages”, *Energy Policy*, 59, 857-865.

Red Peruana de Ciclo de Vida, Swisscontact y EMPA (2009). *Estudio de Análisis de Ciclo de Vida de Biocombustibles en Perú*. Último acceso: Agosto 2016. Disponible en:

<http://red.pucp.edu.pe/ciclodevida/index.php/es/publicaciones/category/2-2.html>.

Serra, Teresa y David Zilberman (2013). “Biofuel-related price transmission literature: A review”. *Energy Economics*, 37, 141-151.

Sims, Ralph y Michael Taylor (2008). *From 1st to 2nd Generation Biofuel Technologies. An overview of current industry and RD&D activities*. IEA Bioenergy.

Singh, Manny (2006). “Economics of biofuels for the transport sector in South Africa”. *Energy for Sustainable Development*, 10(2), 40-47.

Steenblik, Ronald (2007). *Subsidies: The distorted economics of biofuels*. Joint Transport Research Centre. Geneva. Discussion Paper N° 2007-3.

Timilsina, Govinda R.; Csordás Stefan y Simon Mevel (2011). “When does a carbón tax on fossil fuel stimulate biofuels?” *Ecological Economics*, 70, 2400-2415.

USDA Foreign Agricultural Service (2015a). “Colombia Biofuels Annual Trade Protection Worsens Biofuels Shortfall”. *Global Agricultural Information Network Report*.

USDA Foreign Agricultural Service (2015b). “Brazil Biofuels Annual Biofuels - Ethanol and Biodiesel”. *Global Agricultural Information Network Report*.

USDA Foreign Agricultural Service (2015c). “Ecuador Decree Encourages Expanded Biofuel Production”. *Global Agricultural Information Network Report*.

USDA Foreign Agricultural Service (2015d). “Biofuel Mandates in the EU by Member State”. *Global Agricultural Information Network Report N° GM15015*.

USDA Foreign Agricultural Service (2015e). “Peru Biofuels Annual”. *Global Agricultural Information Network Report*.

USDA Foreign Agricultural Service (2015f). “Argentina Biofuels Annual”. *Global Agricultural Information Network Report*.

Venghaus, Sandra y Kirsten Selbmann (2014). “Biofuel as social fuel: Introducing socio-environmental services as a means to reduce global inequity?” *Ecological Economics*, 97, 84-92.

World Bioenergy Association (2015). *Oil price drop and its effect on the bioenergy industry*.

World Products Trading S.A.C. (2011). “Informe Semestral: Análisis de la Evolución de Precios del Etanol y Gasohol y propuesta de Metodología para el Cálculo del Precio de Referencia del Gasohol.” *Contrato de Locación de Servicios OSINERGMIN-GART-013-2010*. Gerencia de Regulación Tarifaria. Osinergmin.

Zarrilli, Simonetta (2006) *El Mercado Emergente De Biocombustibles: Consecuencias normativas, comerciales y de desarrollo*. Conferencia De Las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD).

Fuentes de Internet

<a href="http://www.biofuelstp.eu">www.biofuelstp.eu</a>	European Biofuels Technology Platform
<a href="http://www.minem.gob.pe">www.minem.gob.pe</a>	Ministerio de Energía y Minas
<a href="http://www.eia.gov">www.eia.gov</a>	Energy Information Administration
<a href="http://www.gesetze-im-internet.de">www.gesetze-im-internet.de</a>	Leyes en Internet de Alemania
<a href="http://www.iea.org">www.iea.org</a>	International Energy Agency
<a href="http://www.oecd.org">www.oecd.org</a>	Organization for Economic Co-operation and Development
<a href="http://www.minagri.gob.pe">www.minagri.gob.pe</a>	Ministerio de Agricultura y Riego
<a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a>	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria
<a href="http://www.agrolalibertad.gob.pe">www.agrolalibertad.gob.pe</a>	Gerencia Regional de Agricultura – Gobierno Regional La Libertad

## 9. Anexo

Los modelos de equilibrio general han sido ampliamente usados para el análisis de políticas energéticas, principalmente para investigar la interacción energía-economía.

De hecho, uno de los primeros análisis usando un modelo de equilibrio general en estudios del sector energético fue el modelo desarrollado por Hudson y Jorgeson (1975) para EE.UU, inmediatamente después del primer shock de petróleo ocurrido a principios de 1970. Este modelo fue usado para proyectar la demanda de energía para el período 1975 – 2000 y analizar los efectos de políticas tributarias sobre el uso en la energía.

Seguidamente, Manne y Richels (1977) desarrollaron un modelo con un enfoque distinto. Utilizaron una descripción detallada de las tecnologías de energía y una representación agregada para el resto de la economía.

Estos estudios pioneros, si bien ambos modelos son econométricos, estimularon a que otros estudios posteriores usaran modelos económicos amplios para estudios del sector energía. En consecuencia, otros modelos energía-economía basados en la aplicación de modelos de equilibrio general aparecieron en los años de 1980.

Según Bhattacharyya (1996), en la década de los 80, los temas ambientales ganaron mayor importancia y la atención se orientó a formular políticas que permitiesen contener las emisiones de gases perjudiciales para el medioambiente resultantes del uso de la energía, considerando que el sector energía es la principal fuente de contaminación ambiental. Así, los modelos de equilibrio general, debido a su capacidad de capturar las complejidades de la economía, obtuvieron relevancia en el análisis de los impactos económicos del control de la contaminación y de los GEI.

Para tener un panorama sobre el desarrollo de estos modelos a lo largo de los años en el sector energético, se muestra en el siguiente cuadro algunos de los principales estudios:

<b>Estudios de Análisis del Sector Energético mediante un Modelo de Equilibrio General Computable</b>	
<b>Autores:</b>	<b>Descripción:</b>
<b>Harrison et al (1989), Capros et al (1995) y Bohringer et al (1998)</b>	Son los primeros modelos que contemplan múltiples países, y que poseen un tratamiento detallado sobre las interacciones entre la economía, el sistema energético y el medio ambiente. Estos son modelos regionales que analizan problemas medioambientales que implican propuestas de políticas nacionales que deben ser coordinadas con las del resto de los países que integran una determinada región.
<b>Proost y Van Regemorter (1995)</b>	Plantean un modelo de equilibrio general dinámico de 2 periodos bajo un contexto de economía abierta. De esta manera, el bienestar del resto del mundo (sector externo) depende de la disposición a transar los bienes exportados e importados, teniendo en cuenta la intertemporalidad de la balanza comercial como restricción presupuestaria.
<b>Goulder et al. (1997)</b>	En este modelo se testea la posibilidad de introducir impuestos específicos con fines de protección ambiental.
<b>Harrison (1997)</b>	Plantea un modelo de múltiples propósitos para analizar la política ambiental.
<b>Böhringer y Rutherford (1997)</b>	En el modelo se agrupa a los agentes que maximizan su utilidad, en consumidores de energía y no energía.
<b>Goulder et al. (1998)</b>	En el modelo se agrupa a los agentes por consumidores de bienes contaminantes, no contaminantes y ocio.
<b>Aasness, Bye y Mysen (1996) y Bach et al. (2001)</b>	Estos modelos buscan testear la implementación de impuestos y permisos a la emisión de contaminantes.

Elaboración: GPAE - Osinergmin

**Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin**  
**Gerencia de Políticas y Análisis Económico – GPAE**

**Alta Dirección**

Ing. Jesús Tamayo Pacheco                      Presidente del Consejo Directivo

Ing. Julio Salvador Jácome                   Gerente General

**Equipo de Trabajo de la GPAE**

Dr. Arturo Leonardo Vásquez Cordano      Gerente de Políticas y Análisis Económico

Carlos Javier Aguirre Zurita                Asesor Técnico

Especialistas Sectoriales:

Victor Raúl Zurita Saldaña (Minería), Carlo Magno Vílchez Cevallos (Electricidad y Gas Natural), Ricardo de la Cruz Sandoval (Hidrocarburos), Carlos Renato Salazar Ríos (Econometría)

Analistas Económicos:

Francisco Javier Coello Jaramillo, Carlos Alberto Miranda Velásquez, Edison Alex Chavez Huamán, Melissa Isabel Llerena Pratolongo, Donald Barboza Garaundo, Ernesto Yuri Guevara Ccama

Asistentes:

Thaís Chávez Porta, Merry Romero Córdova