

# ESTUDIO REGIONAL SOBRE LA ECONOMÍA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN 2010

## TEMAS CLAVE PARA LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Ministerio Federal de  
Cooperación Económica  
y Desarrollo

giz

# Estudio regional sobre la economía de los biocombustibles en 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe

Annie Dufey  
Daniela Stange



Este documento fue elaborado por Annie Dufey, de la Fundación Chile, en calidad de consultora del proyecto “Desarrollo sostenible de los biocombustibles” (GER/08/007 - Acuerdo de financiamiento entre la GIZ y la CEPAL. Programa Globalización II Proyecto 7) Bionergía, Componente 2: Desarrollo sostenible, gestión integral de los recursos naturales y manejo del cambio climático), con la colaboración de Daniela Stange, de la Fundación Chile, bajo la supervisión de Adrián Rodríguez, Oficial a cargo de la Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo de la CEPAL, y de Manlio Coviello, Jefe de la Unidad de Recursos Naturales y Energía, División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Las autoras agradecen los comentarios de Adrián Rodríguez, Manlio Coviello, Mónica Rodrigues, Octavio Sotomayor, Alberto Saucedo y Sofía Boza, de la CEPAL, en los dos seminarios realizados durante el primer semestre de 2010.

El proyecto ha sido ejecutado por la CEPAL, en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la CEPAL o la GIZ.

LC/W.412

Copyright © Naciones Unidas, junio de 2011. Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

## Índice

Resumen .....	7
I. Introducción .....	9
II. Definición, tipos de biocombustibles líquidos y tecnologías .....	11
III. Tendencias en el mercado global de los biocombustibles .....	13
A. ¿Por qué se desarrolla el mercado global de los biocombustibles? .....	13
B. Tendencias en la producción global de biocombustibles .....	15
1. Producción de bioetanol .....	15
2. Producción de biodiesel .....	19
C. Tendencias en el comercio internacional de biocombustibles .....	21
1. Comercio de bioetanol .....	21
2. Comercio de biodiesel .....	24
D. Tendencias en los costos de producción .....	25
E. Perspectivas futuras para los biocombustibles .....	27
1. Producción .....	27
2. Comercio internacional .....	27
3. Costos .....	29
F. Temas clave para los países de América Latina y el Caribe .....	29
IV. Tendencias en políticas e instrumentos para el desarrollo de los biocombustibles .....	31
A. Tendencias en políticas y regulación a nivel general .....	31
B. Tendencias en políticas y regulación en los principales países productores .....	33
1. Estados Unidos .....	34
2. Unión Europea .....	36
3. Brasil .....	37
C. Tendencias en políticas y regulación en otros países de América Latina y el Caribe .....	38
D. Temas clave e implicancias para los países de América Latina y el Caribe .....	44
V. Los biocombustibles y sus vínculos con el medio ambiente .....	47
A. Balance energético y rendimientos .....	47
B. Emisiones de gases de efecto invernadero .....	49
C. Cambios en el uso de tierra: impactos sobre la frontera agrícola y la biodiversidad .....	51
D. Emisiones locales .....	52
E. Disponibilidad y calidad del agua .....	54
F. Calidad del suelo .....	55

G. Temas clave que surgen para los países de América Latina y el Caribe.....	57
VI. Los biocombustibles y sus vínculos socio-económicos.....	61
A. Mejoras en la balanza de pagos .....	61
B. Generación de empleo y medios de vida .....	62
C. Condiciones laborales .....	63
D. Participación de pequeños agricultores .....	64
E. Dinamización de la economía local.....	65
F. Acceso a las tierras .....	66
G. Mejoras en el acceso a servicios básicos.....	69
H. Temas clave para países de América Latina y el Caribe.....	70
VII. Los biocombustibles y la crisis alimentaria .....	73
A. Entendiendo los vínculos entre seguridad alimentaria y biocombustibles.....	73
B. Impactos sobre la disponibilidad de alimentos.....	74
C. Impactos en la accesibilidad .....	76
D. Temas clave para países de América Latina y el Caribe.....	77
VIII. Conclusiones y Recomendaciones.....	79
A. Conclusiones .....	79
B. Recomendaciones.....	82
Bibliografía.....	85

#### Índice de cuadros

Cuadro II.1	Tipo de biocombustibles, insumo, proceso, uso final y estado .....	12
Cuadro III.1	Países productores de bioetanol de primera generación América Latina y el Caribe, 2009.....	18
Cuadro III.2	Países productores de biodiesel, América Latina y el Caribe 2009.....	20
Cuadro III.3	Tarifas sobre las importaciones de bioetanol.....	23
Cuadro IV.1	Principales características de las políticas de biocombustibles.....	32
Cuadro IV.2	Listado de mandatos mundiales de biocombustibles.....	32
Cuadro IV.3	Resumen de los principales instrumentos de apoyo a los biocombustibles en ALC.....	42
Cuadro V.1	Rangos indicativos de producción de biomasa y rendimiento energético de cultivos para la producción de biocombustibles en distintos sectores.....	49
Cuadro V.2	Impacto sobre emisiones locales de los biocombustibles.....	53
Cuadro V.3	Requerimiento de agua lluvia de los principales <i>Feedstocks</i> utilizados para la producción de biocombustibles .....	54
Cuadro VI.1	Diferencias entre la producción en gran escala y pequeña escala.....	64
Cuadro VI.2	Tamaño de explotación y cultivo energético (% de superficie).....	68
Cuadro VII.1	Impacto de alzas en precios de los <i>commodities</i> agrícolas en los presupuestos de los consumidores.....	77

#### Índice de gráficos

Gráfico III.1	Precio histórico del petróleo, 1970-2010.....	14
Gráfico III.2	Producción anual de biocombustibles, 1975-2010 .....	15
Gráfico III.3	Producción anual de bioetanol, 1975-2010.....	16
Gráfico III.4	Principales países productores de bioetanol, estimación para 2010.....	17
Gráfico III.5	Producción anual de biodiesel, 1991-2010 .....	19
Gráfico III.6	Principales países productores de biodiesel, estimación para 2010 .....	20
Gráfico III.7	Exportadores netos de bioetanol, 2009.....	21
Gráfico III.8	Importadores netos de bioetanol, 2009.....	22
Gráfico III.9	Exportadores netos de biodiesel, 2009 .....	24

Gráfico III.10	Importadores netos de biodiesel, 2009 .....	25
Gráfico III.11	Proyección de la cantidad de bioetanol comercializado, 2010-2019 .....	28
Gráfico III.12	Proyección de la cantidad de biodiesel comercializado, 2010-2019 .....	28
Gráfico IV.1	Estándar de combustibles renovables (RFS) EEUU, 2007-2022 .....	35
Gráfico V.1	Balance energético biocombustibles en Brasil.....	48
Gráfico V.2	Reducción de emisiones de GEI para diferentes tipos de biocombustibles líquidos.....	50
Gráfico VII.1	Índice de precios de los alimentos .....	74



## Resumen

El estudio busca dar una mirada actualizada de los tópicos relevantes en el desarrollo global de los biocombustibles, con el objeto de identificar oportunidades y riesgos clave para los países de América Latina y el Caribe. En los primeros cuatro capítulos se plantea un contexto general, en el que se define y explica brevemente qué son los biocombustibles, cuáles son las materias primas utilizadas para su producción y las principales tecnologías de conversión; se analizan las tendencias en el mercado global, tanto en la producción, comercio y costos, así como sus proyecciones a futuro; y se discuten las políticas para su promoción, tanto en los principales países productores a nivel global como en los países de ALC. En cada caso se discuten cuáles son los temas relevantes para ALC. A partir del capítulo V se analizan temas específicos, relativos a las temáticas ambiental y socioeconómica y a los vínculos con la seguridad alimentaria, identificando en cada caso temas relevantes para ALC. En materia ambiental el análisis abarca los debates sobre su contenido energético, emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones locales, uso y contaminación de aguas, uso de tierras y contaminación de suelo, entre las más importantes. En materia socio-económica se analizan los impactos sobre la balanza de pagos, nivel y calidad de empleo, inclusión de pequeños agricultores, acceso a tierras y acceso a servicios básicos. El documento concluye con un conjunto de recomendaciones de política para los gobiernos de ALC.





## I. Introducción

Los últimos años han visto la emergencia y crecimiento del sector de los biocombustibles. Desde el año 2000 su producción ha crecido a un ritmo anual de 10% totalizando al año 2009 una producción total de 90.187 millones de litros (Brown, 2009). De esa producción, un 82% y 18% corresponden a bioetanol y a biodiesel, respectivamente. Al año 2008 los biocombustibles participaban con el 1,5% del combustible total en el sector del transporte (AIE, 2008a).

En los últimos años numerosos países, industrializados y en desarrollo, han implementado ambiciosos objetivos y políticas para promover el desarrollo de industrias de biocombustibles significativas. En los países industrializados, las razones primarias para promover su desarrollo han sido la promoción de sus sectores agrícolas, razones a las cuales en los últimos años se les han ido sumando objetivos de mitigación de gases invernadero. Los países en desarrollo, incluyendo a los de América Latina y el Caribe (ALC), ven a los biocombustibles como una forma de abordar una serie más amplia de objetivos de política, que abarca desde seguridad energética a mejoras en el resultado de la balanza de pagos, pasando por el desarrollo rural, la promoción de exportaciones y el cumplimiento de objetivos ambientales.

Los biocombustibles líquidos pueden ser producidos a partir de un amplio rango de productos agrícolas y forestales que se normalmente existen de manera abundante en numerosos países de ALC. Mientras que la caña de azúcar y el maíz son cultivos energéticos o *feedstocks* importantes para la producción de bioetanol, las oleaginosas como raps, soya y aceite de palma lo son para el biodiesel (ver cuadro II-1). Luego, los biocombustibles surgen como una atractiva oportunidad para los países de América Latina y el Caribe de explorar. De hecho, de acuerdo al reporte de la FAO (2008), los cultivos energéticos o *feedstocks* para la producción de combustibles líquidos corresponden a la fuente más importante de nueva demanda por productos agrícolas y tendrán un importante efecto en el mercado durante la próxima década y más allá.

Por otro lado, el rápido crecimiento experimentado por el mercado de los biocombustibles no ha estado ausente de controversias y debates en diversos ámbitos. En efecto, han surgido estudios cuestionando los efectos mitigadores de cambio climático para algunos tipos de *feedstocks*. Asimismo, han surgido las tradicionales preocupaciones sobre los impactos ambientales locales y sociales normalmente vinculados a la producción agrícola a gran escala, a lo cual se suman inquietudes sobre los impactos de los biocombustibles sobre la seguridad alimentaria. Todo lo anterior, junto a las alzas experimentadas por los precios de los *commodities* agrícolas desde 2006 —materia prima de mayor importancia para la producción de biocombustibles— junto la crisis financiera de 2008 que se vio reflejada en una abrupta caída en el precio del petróleo afectando fuertemente la competitividad de

sector, así y como fuertes cuestionamientos sobre la costo-efectividad de algunas de las políticas de promoción de los biocombustibles, han llevado a algunos a debatir y replantearse las bondades y desventajas de promover esta industria. El incremento en el precio de las materias primas agrícolas del segundo semestre de 2010 y principios de 2011 ha vuelto a encender luces de alerta.

Consecuentemente, el entusiasmo inicial con que los gobiernos y formuladores de política apoyaron a los biocombustibles se ha ido apaciguando y en algunos casos ha llevado a los gobiernos a replantearse y modificar los objetivos y roles de los biocombustibles dentro de sus matrices energéticas.

Lo cierto es que existen tanto oportunidades como riesgos asociados al desarrollo de los biocombustibles. Ellos varían dependiendo del tipo de *feedstock*, proceso de conversión, contexto y marco de política para su desarrollo. El desafío consiste en lograr desarrollarlos de la forma más costo-eficiente posible a la vez que se manejan los riesgos ambientales y sociales asociados, y se maximizan sus oportunidades para el desarrollo rural y reducción de pobreza.

En este contexto este estudio busca dar una mirada actualizada de los tópicos relevantes en el desarrollo global de los biocombustibles con el objeto de identificar oportunidades y riesgos clave para los países de América Latina y el Caribe.

Con ese gran objetivo en mente el estudio se estructura como sigue. Luego de esta breve introducción, el capítulo II define y explica brevemente qué son los biocombustibles, cuáles son las materias primas utilizadas para su producción y las principales tecnologías de conversión. El capítulo III analiza las tendencias en el mercado global, tanto en la producción, comercio y costos, así como sus proyecciones a futuro para luego identificar los temas clave que surgen para los países de ALC. El capítulo IV se enfoca en las políticas de promoción de biocombustibles, tanto de los principales países productores a nivel global como en los países de ALC, para luego identificar los temas clave que surgen para estos últimos. El capítulo V aborda la temática ambiental, en términos de los debates sobre su contenido energético, emisiones de gases de efecto invernadero, emisiones locales, uso y contaminación de aguas, uso de tierras y contaminación de suelo, entre las más importantes, para finalizar con una discusión sobre los temas clave que surgen para los países de ALC. El capítulo VI aborda la temática socio-económica de los biocombustibles, incluyendo impactos sobre la balanza de pagos, nivel y calidad de empleo, inclusión de pequeños agricultores, acceso a tierras y acceso a servicios básicos, para luego identificar los temas clave para los países de ALC. El penúltimo capítulo se enfoca en lo que tal vez ha sido una de las temáticas más nuevas y también más polémicas en el debate de los biocombustibles y que corresponde a sus vínculos con la seguridad alimentaria, para finalmente identificar los temas clave que surgen para los países de ALC. Finalmente el capítulo VIII concluye y provee recomendaciones de política para los gobiernos de ALC.

## II. Definición, tipos de biocombustibles líquidos y tecnologías

Los biocombustibles líquidos pueden ser definidos como aquellos combustibles líquidos producidos a partir de biomasa con fines de transporte o producción de calor. Estos pueden ser producidos a partir de productos agrícolas, forestales y de la parte biodegradable de los residuos industriales y municipales (Dufey, 2006).

El enfoque de este documento es en dos tipos de biocombustibles líquidos: bioetanol y biodiesel<sup>1</sup>, los cuales representan más del 90% del uso mundial de biocombustibles (Biofuels Taskforce, 2005). Si bien el principal uso de los biocombustibles líquidos se realiza en el sector transporte, también pueden ser utilizados para propósitos de iluminación, cocina y calefacción, donde surgen como especialmente relevantes en el contexto de comunidades rurales pobres de países en vías de desarrollo remotos o sin salida al mar, donde el costo de los combustibles fósiles es prohibitivo.

**Bioetanol de primera generación:** el bioetanol que se encuentra comercialmente disponible hoy se produce a partir de *feedstocks* o cultivos ricos en azúcares (por ejemplo, caña de azúcar, remolacha y sorgo dulce) o almidón (por ejemplo, maíz, trigo, yuca). El proceso por el cual se produce es la fermentación, que consiste en que una vez extraída el azúcar se combina con levaduras en una cámara anaeróbica donde se fermenta. Como resultado, la levadura secreta enzimas que digieren el azúcar descomponiéndolo en ácido láctico, hidrógeno, dióxido de carbono y bioetanol. Cuando se usan cultivos ricos en almidón como el maíz, se requiere un paso extra previo a la fermentación para así descomponer las moléculas de almidón en azúcares, lo cual añade un requerimiento de energía extra a la producción de bioetanol. Luego de la fermentación, el producto se debe destilar para remover la levadura y los subproductos, y deshidratarlo para reducir las soluciones de 5% a 12% y las concentraciones de 95% a 99,8%. Un litro de bioetanol contiene energía equivalente al 66% de un litro de gasolina. El bioetanol se puede mezclar con gasolina o ser usado en forma directa en motores especialmente acondicionados para ello (Flexi Fuel Vehicules o FFV). Las mezclas que contienen un 5 y 10% de bioetanol son denominadas E5 y E10, respectivamente.

**Bioetanol de segunda generación:** la necesidad de incrementar el rendimiento de los biocombustibles en base a cultivos de primera generación, los altos costos relativos que representan y la competencia que éstos suponen con la producción de alimentos, ha llevado a invertir importantes

---

<sup>1</sup> Otros tipos incluyen biometanol, biodimetil-éter y biogas.

esfuerzos de I&D en el desarrollo de nuevos procesos y *feedstocks*. Ellos incluyen la producción de bioetanol a partir de lignum aunque también puede incluir otros compuestos como celulosa o hemicelulosa. Por lo general, plantas y árboles poseen distintas mezclas de estos tres componentes, lo que permite que con esta tecnología casi cualquier tipo de biomasa pueda ser utilizada como materia prima, incluyendo productos forestales, desechos de aserraderos, residuos de cosechas (por ejemplo, tallos, hojas y cáscaras), pastizales, macro-algas, desechos domésticos e industriales. La tecnología más prometedora para generar bioetanol de segunda generación es la hidrólisis enzimática, aunque también pueden utilizarse procesos de conversión termoquímica o gasificación a través del proceso Fischer-Tropsch.

**Biodiesel:** el biodiesel que se encuentra comercialmente disponible hoy se produce a partir de la combinación de aceites vegetales (por ejemplo, raps, soya, palma aceitera, jatropha, etc.), grasas animales o residuos de aceite de cocina. Una nueva generación de *feedstocks* para biodiesel incluye las micro-algas. El proceso utilizado es la esterificación, que requiere de una mezcla de 80-90% aceite, 10-20% alcohol y un ácido o catalizador base, esto se calienta para obtener una cantidad equivalente al volumen de grasa o aceite original. El biodiesel tiene un contenido energético equivalente al 88-95% del diesel fósil. Algunos tipos de biodiesel pueden ser utilizados sin mezclar o en mezclas de altas proporciones modificando el motor del vehículo. Una mezcla que contiene un 5% de biodiesel es denominada B5.

**Biodiesel de segunda generación:** una segunda generación de biodiesel involucra tecnologías que producen biodiesel directamente a partir de biomasa no oleaginosa. Por ejemplo, la tecnología “Biomasa a Líquido” (BTL, por su sigla en inglés) utiliza el proceso Fischer-Tropsch, que involucra la gasificación de madera, paja o residuos municipales para producir biodiesel (Dufey et al., 2007a).

**CUADRO II.1**  
**TIPO DE BIOCOMBUSTIBLE, INSUMO, PROCESO, USO FINAL Y ESTADO**

	Insumo/Feedstock	Proceso de conversión	Principal uso final	Estado de la tecnología
Biocombustibles líquidos 1era generación	Bioetanol: cultivos ricos en azúcar o almidón	Fermentación	Motores para el transporte	Comercial
	Biodiesel: oleaginosas, grasas vegetales y animales	Esterificación	Motores para el transporte	Comercial
	Feedstocks de última generación para biodiesel incluyen microalgas		Motores para el transporte	I+D
Biocombustibles líquidos 2da generación	Bioetanol lignoceluloso: pastos, residuos forestales y agrícolas	Hidrólisis, Gasificación (ej. Fischer-Tropsch)	Motores para el transporte	I+D o Demostración
	Biodiesel (BtL): cualquier tipo de biomasa	Gasificación (Fischer-Tropsch)	Motores para el transporte. Pero el syngas resultante de la gasificación también sirve como combustible intermedio para aplicaciones térmicas y de generación eléctrica	No usado comercialmente

Fuente: Fundación Chile, 2008.

### **III. Tendencias en el mercado global de los biocombustibles**

#### **A. ¿Por qué se desarrolla el mercado global de los biocombustibles?**

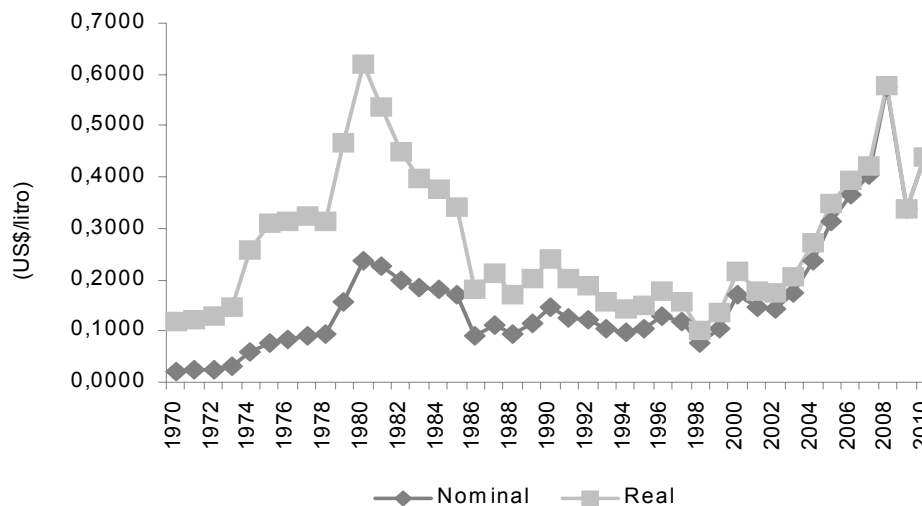
Los primeros esfuerzos en la producción de biocombustibles se remontan al comienzo de la industria automotriz (Dubbiold, 2006). Sin embargo, estos impulsos fueron rápidamente reemplazados por la gasolina como el combustible de preferencia debido a sus bajos precios, situación que continuó relativamente incuestionable hasta la crisis del petróleo en la década de los años setenta, la cual incentivó a los gobiernos a explorar fuentes alternativas de combustible.

En 1975 el gobierno brasileño lanzó el Programa Brasileño de Alcohol (PROALCOOL) para reemplazar la gasolina importada por bioetanol producido en base a caña de azúcar cultivada localmente. Fue sólo entonces que los biocombustibles comenzaron a ser vistos como una alternativa seria para competir con la gasolina en el transporte. Sin embargo, con el fin de la crisis del petróleo (entre fines de los años setenta y comienzos de los años ochenta) y la consecuente caída en su precio (ver gráfico III.1), el interés en los biocombustibles también disminuyó (Dufey, 2006).

Desde inicios de la presente década los biocombustibles han adquirido un renovado interés a nivel mundial lo cual se ha reflejado en una rápida expansión de su mercado. Entre las principales y quizás más tradicionales razones de los gobiernos a dar este nuevo impulso al desarrollo de los biocombustibles se encuentra una mayor seguridad energética con una disminución de las importaciones de combustibles fósiles y el consecuente ahorro en divisas; ello especialmente bajo el contexto del sostenido aumento del precio del petróleo experimentado hasta mediados de 2008, previo a la crisis financiera y económica mundial, tendencia que se ha retomado en el último año (ver gráfico III.1). Otro objetivo estratégico tradicional tras su promoción son las posibilidades que surgen para capturar oportunidades de desarrollo rural, las cuales se desprenden a partir de las primeras experiencias con biocombustibles en Brasil, en la Unión Europea (UE) y en los Estados Unidos (EE.UU.). Sin embargo, lo que hoy marca la diferencia con respecto a los impulsos anteriores, es la promoción de los biocombustibles como una alternativa para la mitigación de gases efecto invernadero (GEI) frente al uso de los combustibles fósiles, permitiendo a los países cumplir con los

compromisos de reducción de GEI adquiridos bajo el Protocolo de Kioto, compromisos que serían profundizados bajo un nuevo acuerdo post-Kioto (actualmente bajo negociación).

**GRÁFICO III.1**  
**PRECIO HISTÓRICO DEL PETRÓLEO, 1970-2010<sup>a</sup>**



Fuente: Elaboración propia en base a data de inflationdata.com

<sup>a</sup> En Estados Unidos.

Con todo, actualmente los biocombustibles constituyen una opción seria para competir con el petróleo en el sistema de transportes debido a que las tecnologías para producir biocombustibles de primera generación están bien desarrolladas y disponibles en muchos países. El bioetanol y el biodiesel pueden ser mezclados con los derivados del petróleo (gasolina y diesel) a los que sustituyen y pueden usarse en motores de combustión tradicionales con mezclas que contengan hasta un 10% de biocombustible sin la necesidad de modificar el motor. La tecnología de los vehículos de combustible flexible (FFV, por sus siglas en inglés) está lo suficientemente desarrollada como para permitir una introducción gradual de biocombustibles en cualquier país del mundo (Coelho, 2005), considerando que estos pueden funcionar con cualquier mezcla de biocombustible, desde combustible fósil puro hasta aquellas mezclas que contengan un 85% de biocombustible<sup>2</sup>. Por ejemplo, al año 2008 un 89% de los autos vendidos en Brasil eran FFV explicando en gran medida el fuerte crecimiento de la demanda interna (Biotop, 2009b).

Asimismo, el alto nivel alcanzado por los precios del petróleo durante años recientes<sup>3</sup>, tendencia que se vio temporalmente estancada debido a la crisis financiera global de 2008, han dado un nuevo impulso a la producción. Los ambiciosos objetivos de política, reflejados en metas de penetración para los biocombustibles en el transporte en numerosos países, entre otros instrumentos, reflejan un nuevo optimismo acerca de su potencial.

Todos los factores mencionados anteriormente explican el rápido incremento mundial en la producción y utilización de los biocombustibles en los últimos años, tal como se explica en las siguientes subsecciones.

<sup>2</sup> Los automóviles brasileños de tecnología FFV son construidos para operar con cualquier porcentaje de mezcla de gasolina con bioetanol, e incluso con E100 (bioetanol hidratado conteniendo entre 94.5%-95.4% volumen de bioetanol).

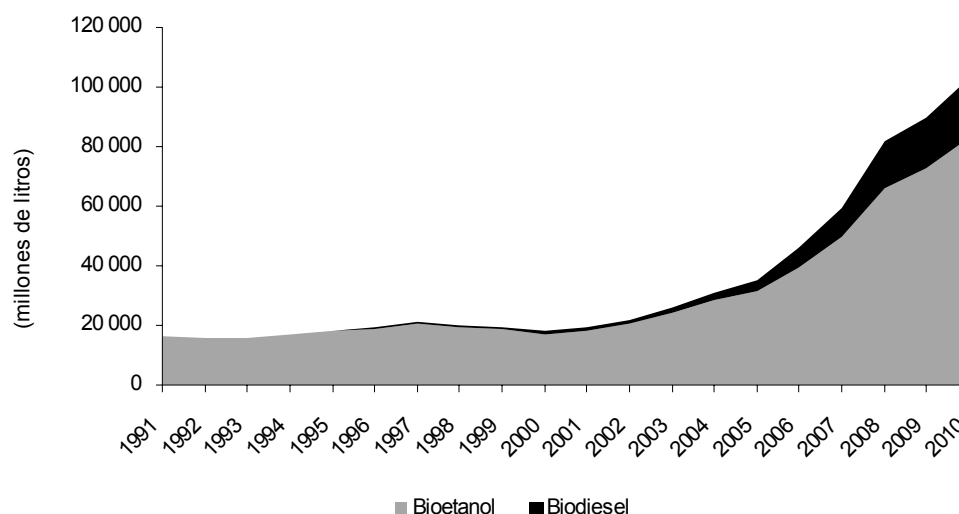
<sup>3</sup> Alcanzando un peak de US\$140 el barril en julio de 2008.

## B. Tendencias en la producción global de biocombustibles

Los biocombustibles líquidos de primera generación poseen una tecnología madura y están hoy disponibles comercialmente. Como muestra el gráfico III.2, desde el año 2000 su producción ha crecido a un ritmo anual de 10% y durante el año 2009 se estimó que la producción de biocombustibles alcanzó un total de 90.187 millones de litros, de donde el 82% y 18% corresponden a bioetanol y biodiesel, respectivamente. Se estima que durante el año 2008 los biocombustibles dieron cuenta del 1,5% de los combustibles en el sector transporte mundial (AIE, 2008a).

La leve desaceleración que se aprecia en la tasa de crecimiento durante 2008 y 2009 (ver gráfico III.2), se explica, principalmente, en las menores inversiones en plantas de biocombustibles debido a restricciones en el acceso al crédito producto de la crisis global, fuertes aumentos en el precio de las materias primas (*feedstocks*) experimentados entre 2006 y 2008, bajas en el precio del petróleo y una menor demanda, todo lo cual se combinó afectando negativamente la competitividad de los biocombustibles frente a los combustibles fósiles que reemplazan (ver punto 3.4 sobre costos de producción). Asimismo, han surgido preocupaciones respecto de su posible impacto sobre la seguridad alimentaria y sobre el medio ambiente, los que son también factores clave que afectan negativamente las decisiones de inversión en el sector. Por lo mismo, esta baja en las inversiones y en la producción fue más marcada para el biodiesel (especialmente en base a raps) que para el bioetanol. Y para este último, se dio más fuertemente para el bioetanol en base a maíz. Ello debido a que son los tipos de *feedstocks* que se han vinculado más fuertemente con impactos ambientales y alimentarios negativos (ver capítulos V y VII, respectivamente). Asimismo, numerosos proyectos de biodiesel en base a *jatropha curcas*, especialmente en África, también se vieron pospuestos a causa de la caída en el precio del petróleo (OECD-FAO, 2009).

**GRÁFICO III.2**  
**PRODUCCIÓN ANUAL DE BIOCOMBUSTIBLES, 1975 - 2010**



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

Nota: las cifras para el 2010 son estimadas.

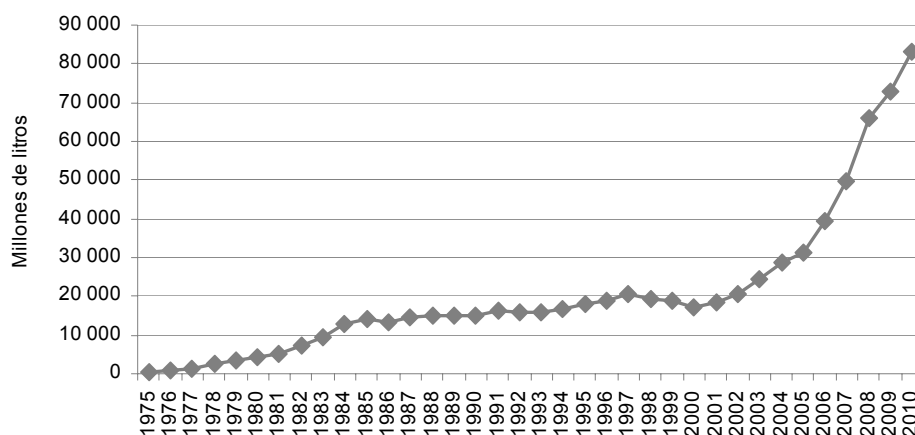
### 1. Producción de bioetanol

El bioetanol es el biocombustible más utilizado en el sector del transporte a nivel mundial. Su producción ha crecido durante los últimos veinte años a una tasa del 9% anual y su producción global durante el 2010 se estima en 83.000 millones de litros (Brown, 2011).



Como se aprecia en el gráfico III.4, el principal productor es Estados Unidos (EE.UU) con unos 45.400 millones de litros, equivalentes al 54,7% de la producción global. Es importante destacar que sólo desde el 2005 EE.UU. sobrepasó a Brasil como el principal productor de bioetanol a nivel mundial. Se estima que en el año 2010 Brasil produjo 27.520 millones de litros de bioetanol, equivalente al 33,2% de la producción mundial. Se debe considerar que la producción conjunta de ambos países corresponde a casi el 88% de la producción mundial.

**GRÁFICO III.3**  
**PRODUCCIÓN ANUAL DE BIOETANOL, 1975–2010**



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

Nota: La cifra para el 2010 es estimada.

Impulsado por el aumento de los precios del petróleo, Brasil comenzó a producir bioetanol en base a caña de azúcar a gran escala en los años setenta, iniciativa que es considerada como el ejemplo más exitoso a nivel mundial de la aplicación comercial de la biomasa para la producción y uso de la energía. Una amplia experiencia en la producción de bioetanol, la que incluye enormes esfuerzos en investigación y desarrollo (I+D) para mejorar la productividad de la caña energética, el uso de co-productos como el bagazo para la cogeneración (factor fundamental en la viabilidad económica y ambiental del biocombustible), y el desarrollo de fábricas adaptadas para la producción de azúcar y/o bioetanol dependiendo de la evolución en el precio internacional del azúcar, sumado a excelentes condiciones naturales para la producción de caña de azúcar y un bajo costo de mano de obra, han hecho a Brasil el país más eficiente en la producción de bioetanol en el mundo<sup>4</sup> y que hasta el año 2005 era, además, el principal productor (Dufey, 2006). Brasil es posiblemente el único país del mundo donde el bioetanol actualmente no recibe ayuda fiscal directa. La producción de bioetanol en Brasil está principalmente destinada al mercado interno, en donde el bioetanol alcanza más del 50% del consumo brasileño de gasolina en el transporte y cerca del 15% de la producción se destina a la exportación (REN21, 2009).

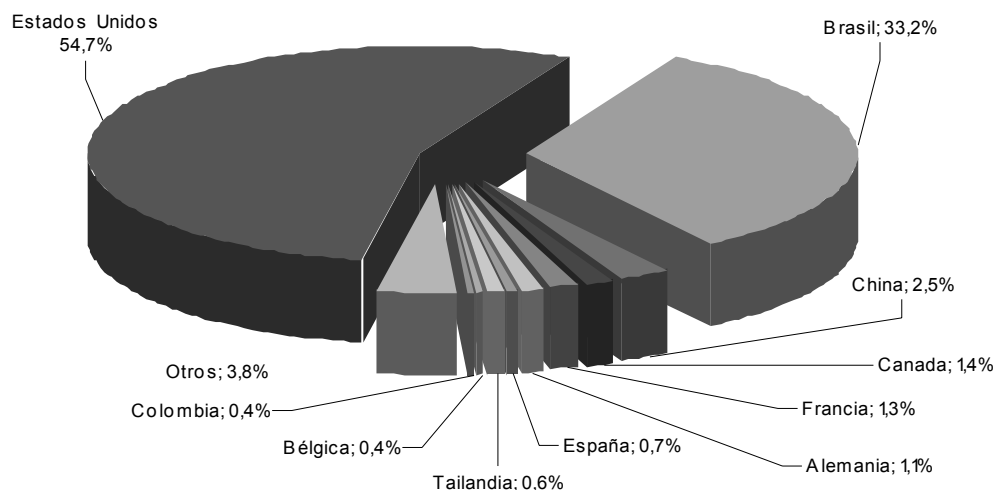
El bioetanol en EE.UU. comenzó a ser producido a partir de maíz en la década de los años setenta, pero sólo desde mediados de los años noventa su producción comenzó a masificarse. Tal impulso fue dado por la obligatoriedad de incluirlo en la mezcla de combustibles y, especialmente, gracias a los altos niveles de subsidios otorgados al sector, los cuales abordan prácticamente toda la cadena de producción y comercialización (ver sección IV.B.1). La capacidad nacional de producción

<sup>4</sup> Por ejemplo, en el año 2007 los costos de producir bioetanol en Brasil eran aproximadamente 20 centavos de euro por litro, en Estados Unidos los costos eran de 30 centavos de euro por litro y en la Unión Europea los costos alcanzan los 50 centavos de euro por litro.

del bioetanol se ha incrementado de 4 billones de litros en 1996 a 14 billones de litros en 2006 (BIOFRAC, 2006) y hace un par de años correspondía a algo más del 2% del consumo nacional de gasolina (Severinghaus, 2005). No obstante el rápido aumento en la producción local, el consumo del bioetanol en ese país ha ido superando la producción en los últimos años, lo que ha provocado un aumento en las importaciones (Elobeid y Tokgoz, 2006).

Otros países relevantes en la producción mundial son Francia (1,3%), Alemania (1,1%), España (0,7%) y Bélgica (0,4%) de la UE, China (2,5%) y Canadá (1,4%) (ver gráfico III.4).

**GRÁFICO III.4**  
**PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BIOETANOL, ESTIMACIÓN PARA 2010**



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

En cuanto a los cultivos energéticos o *feedstocks* utilizados para la producción de bioetanol, cerca del 36% de la producción mundial de bioetanol proviene de la caña de azúcar (principalmente Brasil, Tailandia, Colombia e India) y un 58% se deriva del maíz (especialmente en EE.UU, China y Canadá), mientras que el 5% restante proviene de otros tipos de cultivos energéticos. En países de climas templados además de maíz también es usual el uso de remolacha, cebada, trigo y residuos vinícolas. En los países de clima tropical, más allá de la caña de azúcar también se experimenta con otros tipos de cultivos de alto contenido de azúcar como la yuca y el sorgo dulce (Dufey et al., 2007a).

Por otro lado, en cuanto al bioetanol a partir de celulosa, si bien numerosos países destinan significativos esfuerzos para su desarrollo, aún no está disponible comercialmente. No obstante, esta situación podría cambiar en los próximos años considerando que REN21 (2009) reporta la construcción y puesta en operación de plantas de bioetanol celulósico en países como los EE.UU. (al 2008 habría disponible una capacidad de producción de 12 millones de litros, a lo cual se le sumaría una capacidad adicional por 80 millones de litros anuales que están en construcción), Canadá (existe una capacidad de 6 millones de litros anuales disponibles) y la UE (Alemania, España y Suecia se encuentra en construcción una capacidad total de 10 millones de litros anuales). Globalmente, se planifica una capacidad adicional del orden de 1,5 billones de litros anuales.

Los países de Latinoamérica y el Caribe no han estado ajenos al boom del desarrollo de los biocombustibles. Además del notorio rol de Brasil, el único otro país que tiene una participación importante en el mercado global del bioetanol es Colombia. Este país contribuye con menos del 1% de la producción mundial y durante el 2009 alcanzó una producción de 315 millones de litros producidos en base a caña de azúcar. Además, el país también experimenta con yuca, sorgo y batata (NextFuel, 2009).

Los países del Caribe como Costa Rica, Guatemala, El Salvador y Trinidad y Tobago, producen bioetanol desde hace bastantes años, producción que se ha ido desarrollado al amparo del acceso preferencial para sus exportaciones de bioetanol re-hidratado a EE.UU. (el cual se importa previamente deshidratado desde Brasil).

Asimismo, se identifican países que están recién comenzando con su producción como son Paraguay y Uruguay, mientras que países como México no cuentan con una capacidad de producción de bioetanol para satisfacer la demanda doméstica, a pesar de que cuentan con una alta capacidad tecnológica para producir bioetanol mediante caña de azúcar (Eisentraut, 2010). En el caso de Chile, dadas sus bajas ventajas comparativas en la producción de *feedstocks* de primera generación, el país optó por el desarrollo de un programa de biocombustibles enfocado en segunda generación (en base a celulosa y algas) y en el intertanto buscará satisfacer su potencial demanda interna a través de importaciones. Otro país que también apuesta por biocombustibles de segunda generación es Brasil, haciendo uso del bagazo de la caña de azúcar y otros residuos lignocelulósicos.

En el cuadro III.1 se presentan los principales países productores de bioetanol de la región, con las respectivas cantidades producidas y cultivos energéticos utilizados.

**CUADRO III.1**  
**PAÍSES PRODUCTORES DE BIOETANOL DE PRIMERA GENERACIÓN**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2009**

País	Materia Prima	Producción (millones de litros)	Consumo (millones de litros)
Argentina	Caña de azúcar, Maíz, Sorgo Azucarado, Residuos lignocelulósicos	34,82	0
Bolivia (Estado Plurinacional de)	Caña de azúcar	87,04	0
Brasil	Caña de azúcar, Residuos lignocelulósicos	2602,31	22 822,53
Chile	Maíz, Sorgo, Trigo, Papa, Remolacha, Naboforrajero, Residuos lignocelulósicos	0	0
Colombia	Caña de azúcar, Mandioca	301,75	336,57
Costa Rica	Caña de azúcar	69,63	29,01
Cuba	Caña de azúcar	20,22	18,30
Ecuador	Caña de azúcar	0	0
El Salvador	Caña de azúcar	127,66	0
Guatemala	Caña de azúcar	92,85	0
Honduras	Caña de azúcar	0	0
Islas Vírgenes, EE.UU	-	13,93	0
Jamaica	-	400,4	58,03
Nicaragua	Caña de azúcar	58,03	0

(continúa)

Cuadro III.1 (conclusión)

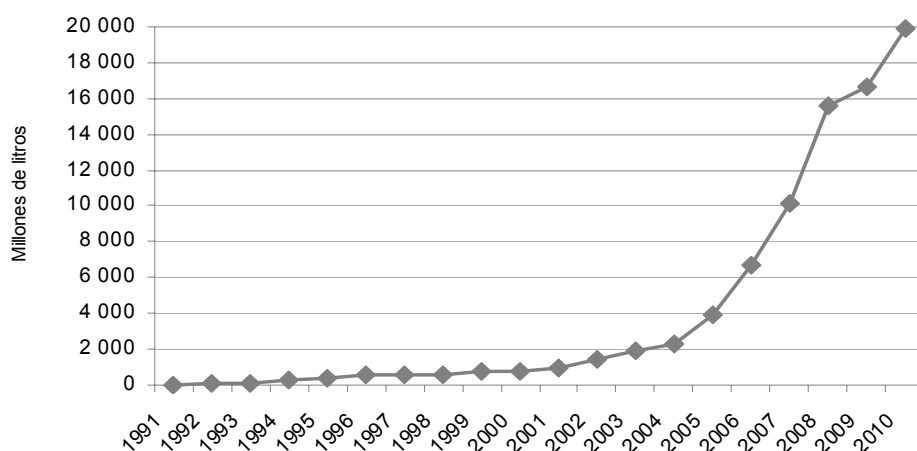
País	Materia Prima	Producción	Consumo
		(millones de litros)	(millones de litros)
Panamá	Caña de azúcar	0	0
Paraguay	Caña de azúcar, maíz, arroz, sorgo, mandioca, nabo forrajero, residuos lignocelulósicos	121,86	110,25
Perú	Caña de azúcar, Sorgo	52,23	0
Trinidad y Tobago	-	162,31	0
Uruguay	Caña de azúcar, Maíz, Arroz, Sorgo, Sorgo azucarado, Boniato, Residuos lignocelulósicos	2,32	0
<b>TOTAL</b>		<b>27 647,35</b>	<b>23 374,69</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de producción y consumo obtenidos de U.S. EIA (sin fecha).

## 2. Producción de biodiesel

Si bien la tecnología para la producción de biodiesel está bien establecida desde hace tiempo, su producción a gran escala comenzó sólo durante los años noventa, especialmente en la UE. Desde entonces la producción ha aumentado fuertemente, especialmente desde el año 2000, alcanzando un récord estimado en 20 mil millones de litros en el 2010 (ver gráfico III.5).

**GRÁFICO III.5**  
**PRODUCCIÓN ANUAL DE BIODIESEL, 1991 – 2010**



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

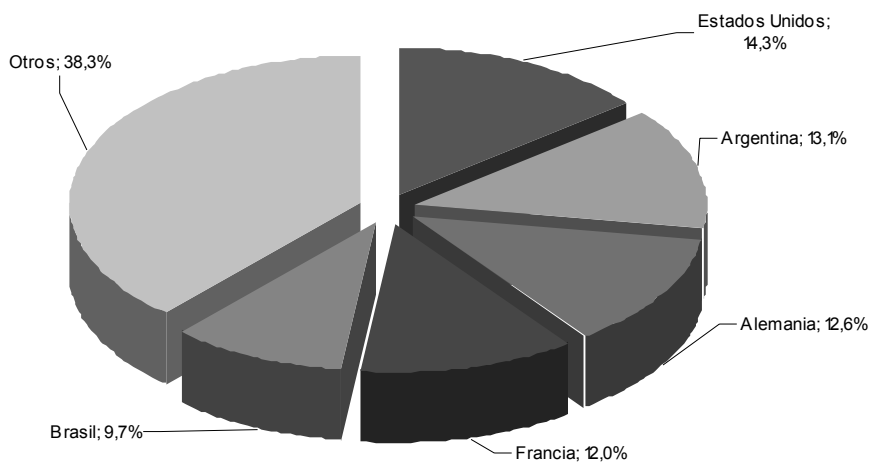
Nota: La cifra para el 2010 es estimada.

La producción de biodiesel a nivel global, sin embargo, es relativamente pequeña comparándola con la del bioetanol, pero su mercado es también altamente concentrado. Del total proyectado para el 2010, casi dos tercios del biodiesel se produjo sólo en cinco países: Estados Unidos (14,3%), Argentina (13,1%), Alemania (12,6%), Francia (12%) y Brasil (9,7%), tal y como se presenta en el gráfico III.6. Entre otros productores importantes de biodiesel se encuentran Tailandia,

Malasia y Colombia. Además, existen numerosos países en el mundo que cuentan con programas para fomentar la producción y uso del biodiesel, los que se encuentran en inicios de su comercialización o aún en fases de desarrollo.

Tradicionalmente la producción de biodiesel de la UE se realiza en base a raps (50%) y aceite de soya (40%). No obstante, la fuerte competencia que el uso del aceite de raps para fines energéticos significó para el sector de alimentos se reflejó en un dramático aumento en su precio y comenzó a ser reemplazado por aceite de soya, de girasol y aceite de palma, aunque en pequeñas cantidades (Jank et al., 2007). Por otro lado, el aceite de soya es el *feedstock* de preferencia para la producción de biodiesel en países como EE.UU, en donde el 40% de la producción de biodiesel proviene de este tipo de cultivo, Brasil (cultivo que abarca el 80% de la producción) y Argentina (el 100% del biodiesel argentino proviene de soya). El aceite de palma es el *feedstock* de mayor contenido energético y es la primera opción en países donde se cultiva palma aceitera como Indonesia, Malasia y Tailandia en Asia, y Colombia en América Latina. También existen algunas primeras experiencias con el uso de aceite de coco en el sudeste asiático (Filipinas y otras islas del Pacífico). Algunos países de África, India y América Latina (como Argentina, Guatemala, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay), están experimentando con *jatropha*. Países como India también utilizan la pongamia. Las grasas y aceites reciclados de la industria alimentaria también pueden ser utilizados para producir biodiesel, pero su aplicación es todavía limitada. En su totalidad, el biodiesel corresponde aproximadamente a un 2% de la producción mundial de aceite vegetal (Johnston & Holloway, 2006).

**GRÁFICO III.6**  
**PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BIODIESEL, ESTIMACIÓN PARA 2010**



Fuente: Elaboración propia en base a data de Brown, 2011.

En cuanto a Latinoamérica y el Caribe, además de Brasil, los países que producen cantidades importantes de biodiesel respecto del mercado mundial son Argentina, Colombia y Perú como se presenta en el cuadro III.2. No obstante, en todos estos países la producción es bastante reciente.

Guatemala todavía no cuenta con una producción comercial de biodiesel, pero tiene un alto potencial para hacerlo mediante cultivo de *jatropha* y palma africana (Zarilli, 2006). Ecuador, realizó un primer esfuerzo en la producción de biodiesel en base a aceite de palma, la cual no le resultó rentable frente al alto precio internacional del aceite de palma (Albán & Cárdenas, 2007). México, produce una cantidad limitada de biodiesel debido a restricciones en el uso de los cultivos (Eisentraut, 2010).

**CUADRO III.2**  
**PAÍSES PRODUCTORES DE BIODIESEL – AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2009**

País	Materia Prima	Producción (millones de litros)	Consumo (millones de litros)
Argentina	Soya, Girasol, Colza, Cártamo, Maní, Ricino, Jatropha, Coco mbocayá, Grasa Animal, Aceites vegetales reciclados	1 340,46	29,01
Bolivia	Soya	0	0
Brasil	Soya, Girasol, Colza, Algodón, Ricino, Jatropha, Palma aceitera, Babasú, Nabo forrajero, Grasa animal, Aceites vegetales reciclados	1 608,00	1 564,88
Chile	Girasol, Colza, Cártamo, Ricino, Jatropha, Grasa animal, Aceites vegetales reciclados, Algas	0	0
Colombia	Palma africana	330,76	319,16
Costa Rica	Palma africana	0	0
Ecuador	Palma africana	0	0
Guatemala	Palma africana	0,58	0,58
Honduras	Palma africana	1,16	0,58
Paraguay	Soya, Girasol, Colza, Maní, Algodón, Sésamo, Ricino, Jatropha, Coco mbocayá, Tung, Grasa animal, Aceites vegetales, reciclados	5,80	5,80
Perú	Palma africana	69,63	104,45
Uruguay	Soya, Girasol, Colza, Algodón, Ricino, Grasa animal, Aceites vegetales reciclados	5,22	5,22
<b>TOTAL</b>		<b>3 361,61</b>	<b>2 029,68</b>

Fuente: Elaboración propia en base a data de producción y consumo obtenida de U.S. EIA (sin fecha).

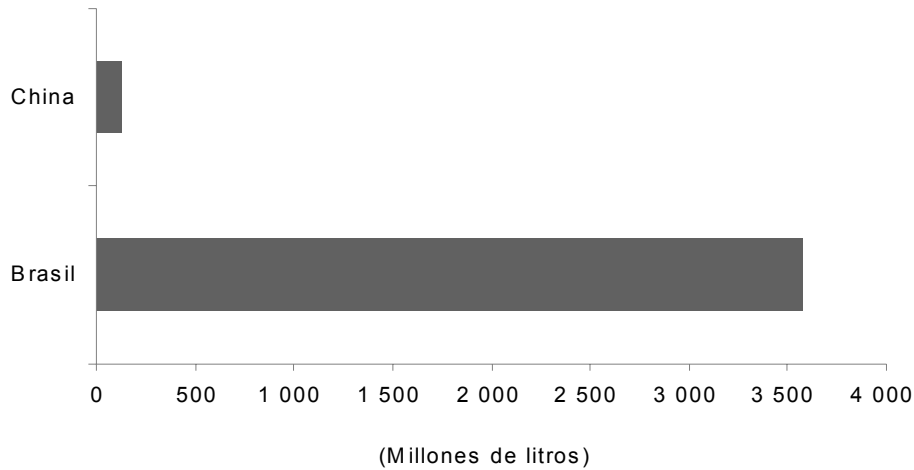
## C. Tendencias en el comercio internacional de biocombustibles

### 1. Comercio de bioetanol

Actualmente sólo limitadas cantidades de biocombustibles entran en el mercado internacional, ya que la mayor parte de la producción se consume internamente. En el caso del bioetanol, cerca del 10% de la producción mundial entra al mercado internacional (Dufey, 2006). Sin embargo, se espera que el comercio internacional crezca rápidamente en los próximos años ya que los incrementos en el consumo (por ejemplo, en los países de la UE) no coincidirán geográficamente con las zonas de alzas en la producción).

En el gráfico III.7 se presentan los principales exportadores de bioetanol durante el año 2009. Se observa que Brasil es el principal exportador en forma indiscutida con más de un 90% de participación en el mercado internacional (exportaciones netas). Este país destina cerca del 15% de su producción a los mercados externos (REN21, 2009). Otros países exportadores, aunque menos significativos, son los países del Caribe, China, la Unión Europea, Pakistán, Perú, Ucrania, Zimbabwe y Suazilandia. Es importante notar que las exportaciones de los países de la UE están destinadas a otros países europeos.

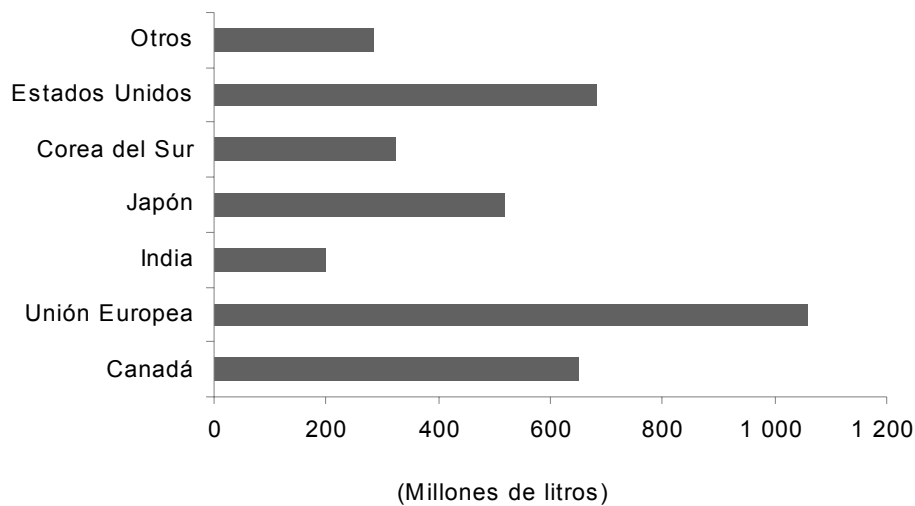
**GRÁFICO III.7**  
**EXPORTADORES NETOS DE BIOETANOL, 2009**



Fuente: Elaboración propia en base a data de FAPRI, 2010.

La UE es el principal importador de bioetanol, especialmente de países como Brasil y Pakistán; sus importaciones son equivalentes al 28% del total global. Otros importadores significativos son EE.UU., Canadá y Japón (ver gráfico III.8).

**GRÁFICO III.8**  
**IMPORTADORES NETOS DE BIOETANOL, 2009**



Fuente: Elaboración propia en base a data de FAPRI, 2010.

Por otro lado, es importante destacar que dada la naturaleza estratégica del bioetanol (y de los biocombustibles en general) la protección de los gobiernos a la producción local es la norma, por lo que su comercio es fuertemente influenciado por la existencia de barreras y/o preferencias comerciales. El proteccionismo es especialmente agudo en aquellos casos en que la seguridad energética se asocia con autosuficiencia o donde los biocombustibles se promueven como una forma

de apoyar a los productores rurales (Dufey, 2007a). Así, el uso de tarifas para proteger la industria nacional es una práctica común como muestra el cuadro III.3, las cuales pueden ser bastante altas.

No obstante, dichas tarifas son sólo indicativas ya que su nivel real varía ampliamente, ya que países importadores importantes como EE.UU y los de la UE, poseen acuerdos comerciales que otorgan acceso preferencial a ciertos países. Por ejemplo, en los países de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe (ICC) —como Guatemala, Costa Rica, El Salvador y Jamaica— donde el bioetanol brasileño es reprocesado en la región y luego re-exportado a los Estados Unidos, el comercio es incentivado por el acceso preferencial que los países ICC tienen con los EE.UU, preferencias que fueron profundizadas y hechas permanentes a través del Acuerdo de Libre Comercio entre Estados Unidos, América Central y República Dominicana (CAFTA por sus siglas en inglés) del año 2006<sup>5</sup>. Asimismo, la UE firmó a comienzos de 2010 un acuerdo comercial con Perú y Colombia (aún por ratificar por el Parlamento Europeo), el cual establece acceso preferencial a las exportaciones de biocombustibles de estos países. Algunos países de África y Asia también poseen acceso preferencial al mercado de la UE.

**CUADRO III.3**  
**TARIFAS SOBRE LAS IMPORTACIONES DE BIOETANOL**

País	Tarifa
EE.UU	2,5% + extra US\$0,14/litro (46% ad valorem)
UE	€19,2/hl (63% ad valorem)
Canadá	US\$0,05/litro
Brasil	20%
Argentina	20%
China	30%
Tailandia	30%
India	186% sobre alcohol no desnaturalizado

Fuente: Adaptado de Dufey et al., 2007a.

Asimismo, la existencia de fuertes subsidios a la producción también surge como una barrera comercial importante. Probablemente cada país productor o en vías de desarrollar una industria posee alguna forma de apoyo doméstico a la producción de biocombustibles. Por ejemplo, se estima que en el caso de los EE.UU la ayuda a la industria del bioetanol comprende entre US \$5.500 millones y US\$ 7.300 millones anuales (Koplow, 2006) mientras que en la UE alcanza a los € 0,52 por litro (Kutas et al., 2006). Para mayor información sobre políticas nacionales de apoyo a los biocombustibles ver el capítulo IV.

Finalmente, las fuertes preocupaciones ambientales que han surgido respecto de la sustentabilidad del desarrollo de la industria (tema desarrollado en el capítulo V), especialmente en los países importadores de la UE, se ha reflejado en la proliferación de numerosos esquemas de certificación sobre la sustentabilidad de los biocombustibles. Estas iniciativas son lideradas por gobiernos (por ejemplo, del Reino Unido y de los Países Bajos), Organizaciones No Gubernamentales (como WWF), y universidades como aquella liderada por la Escuela Politécnica Federal de Lausanne de Suiza. Ellas abarcan, en distinta medida, diversos aspectos de la sustentabilidad de los

<sup>5</sup> La Iniciativa Cuenca del Caribe (ICC) establece cuotas de exportación libres de arancel. Establece que los países ICC pueden exportar bioetanol a los EE.UU libre de arancel producido a partir de feedstock extranjero hasta un 7% de la producción total de los EE.UU. Se permiten exportaciones por 35 millones de galones adicionales libres de arancel, provisto que al menos un 30% provenga de feedstock local. Exportaciones por sobre dicho monto se permiten libre de arancel provisto que al menos un 50% provenga de feedstocks locales. El CAFTA hizo que las cuotas comprometidas bajo el ICC se hagan permanentes y además establece participaciones específicas bajo esas cuotas para Costa Rica y El Salvador.



biocombustibles tales como emisiones de GEI, impactos ambientales locales, aspectos sociales y de competencia con alimentos. Si bien la existencia de mecanismos para certificar la sustentabilidad de la industria resulta importante, en situaciones donde existe una proliferación de diferentes estándares, sin considerar las prioridades ambientales y sociales relevantes de los países productores y sin esquemas de reconocimiento mutuo, ellos son serios candidatos a convertirse en importantes barreras al comercio (Dufey, 2006). Más aún, los complejos procedimientos y altos costos usualmente asociados a dichos sistemas de certificación implican efectos regresivos sobre los productores más pequeños de los países en desarrollo. Con todo, los estándares de sustentabilidad serán cada vez más importantes en el desarrollo de la industria a futuro, por lo que los países exportadores necesitarán considerarlos para poder acceder a sus principales mercados.

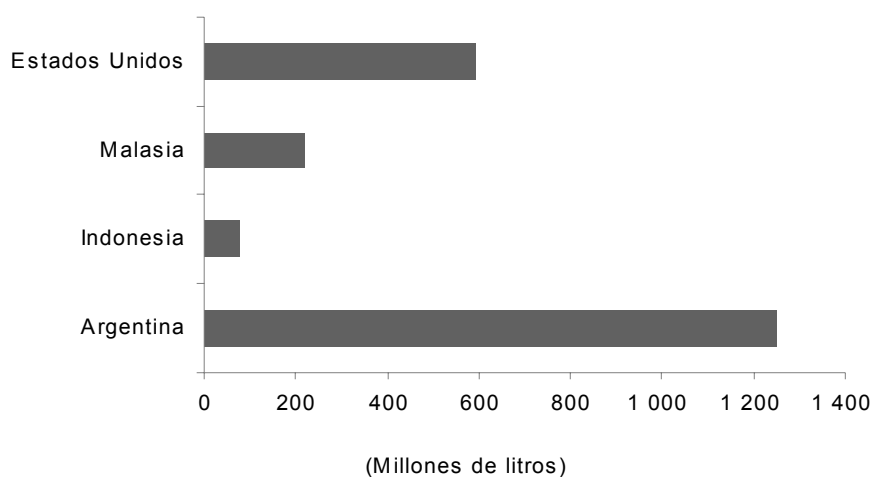
## 2. Comercio de biodiesel

Al igual que su producción, el comercio internacional de biodiesel se encuentra en una etapa bastante menos desarrollada que la de bioetanol y los datos son aún más escasos.

Es en el comercio de cultivos energéticos clave para la producción de biodiesel en donde se evidenciaron los signos más tempranos de su impacto. Según Zarrilli (2006), la comercialización de los aceites vegetales en todos sus usos, ha crecido significativamente, especialmente para dos tipos de aceite: el aceite de soya y el aceite de palma. Sin embargo, mientras que acontecimientos recientes en el mercado del biodiesel no han tenido un impacto en la comercialización del aceite de soya, hay más signos de impactos en la comercialización del aceite de palma. Por ejemplo, la UE, actualmente el mayor consumidor de biodiesel, importa aceite de raps de la zona del Mar Negro, aceite de soya desde Argentina, Brasil y EE.UU., y aceite de palma desde Malasia. Aunque la mayoría del aceite de palma importado es para uso de la industria alimentaria (como un sustituto al aceite de raps), la parte de la importación que se utiliza con fines industriales aumentó en un factor de 3,4 entre los años 2001 y 2006, alcanzando la mitad de las importaciones de aceites vegetales (Jank et al., 2007).

Sólo durante el último par de años se identifica un incipiente comercio internacional de biodiesel propiamente tal. El gráfico III.9 presenta los principales exportadores netos, donde se aprecia el rol primordial de Argentina (con biodiesel en base a aceite de soya) participando con el 58% de las exportaciones.

**GRÁFICO III.9**  
**EXPORTADORES NETOS DE BIODIESEL, 2009**



Fuente: Elaboración propia en base a data de FAPRI, 2010.

Cabe señalar que Argentina se convirtió en un productor y exportador de biodiesel importante sólo en el año 2008, aprovechando las ventajas globales que posee en la producción de soya y aceite de soya (tercer exportador después de EE.UU y Brasil).

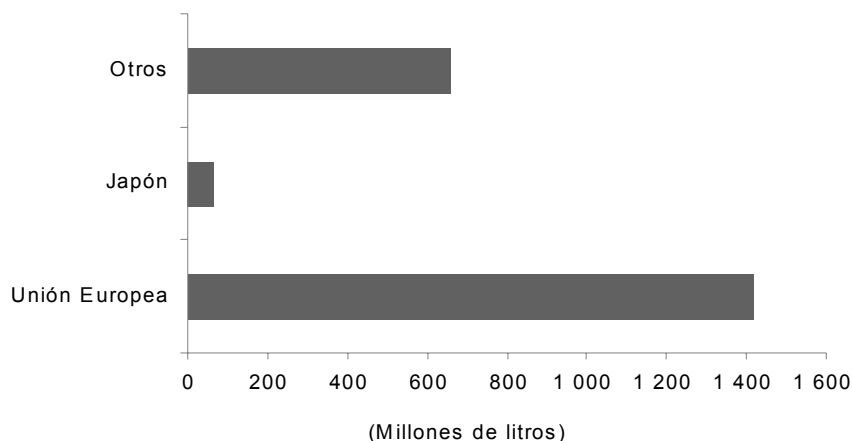
Argentina posee un total de 18 plantas comerciales totalmente orientadas a la exportación, a las cuales se sumarían otras 16 en 2009 totalizando una capacidad total de 1.800 millones de litros (REN21, 2009). Además de Argentina, surgen los EE.UU, Malasia e Indonesia como otros de los principales países exportadores.

En el caso de América Latina y el Caribe, más allá de Argentina, sólo destaca Colombia, que produce y exporta biodiesel en base a aceite de palma. Brasil, pese a su fuerte posición exportadora en el mercado de la soya, destina la totalidad de la producción de biodiesel al consumo interno.

En relación a los principales importadores de biodiesel, del gráfico III.10 se establece que la UE es, por lejos, el principal importador neto de biodiesel junto a Japón.

Al igual que el bioetanol, el comercio de biodiesel también se ve afectado por barreras comerciales. Más allá de la existencia de tarifas, es la existencia de subsidios y barreras técnicas las que surgen como las principales barreras comerciales. Estos últimos se han reportado bajo la forma de estándares de calidad; por ejemplo, el Estándar Europeo EN590 que limita el uso de del aceite de soya y palma en la producción de biodiesel, transformándose en una restricción comercial (Oestling, 2001; CE, 2005). Asimismo, al igual que con el bioetanol, la proliferación de diversos estándares para asegurar la sustentabilidad de los biocombustibles, arriesga la aparición de nuevas barreras al comercio.

**GRÁFICO III.10**  
**IMPORTADORES NETOS DE BIODIESEL, 2009**



Fuente: Elaboración propia en base a data de FAPRI, 2010.

## D. Tendencias en los costos de producción

Los costos de producción son un tema clave en la viabilidad de la industria de los biocombustibles a nivel global, ya que hoy en día se trata de mercados creados por políticas gubernamentales (ver capítulo IV) plasmadas en ambiciosas metas de penetración y generosos incentivos fiscales y no por fuerzas de mercado propiamente tal.

Los costos de producción de los biocombustibles líquidos difieren ampliamente, dependiendo del tipo de biocombustible, *feedstock*, método de producción y el país de origen.

Para los biocombustibles de primera generación, el cultivo energético es, por lejos, el ítem de costos más significativo, y varía entre un 60% (bioetanol en base azúcar de caña) y 90% (biodiesel en base a cultivos templados) de los costos totales. Ello significa que cambios en los costos de los cultivos energéticos tienen una fuerte incidencia en la rentabilidad de la industria.

En los últimos años se han realizado reducciones de costos considerables en el caso de la producción de bioetanol y se espera que dichas reducciones se mantengan en el tiempo. En el caso de Brasil, si bien es innegable la influencia de favorables condiciones climáticas, disponibilidad de tierras y bajo costo de la mano de obra, la reducción de costos es el resultado de enormes esfuerzos endógenos en I&D, tanto del sector privado como del gobierno, para mejorar la productividad de la caña, mejorar el proceso de producción bioetanol y el uso del bagazo para la cogeneración, lo cual le ha permitido a Brasil ser el país más eficiente en la producción de bioetanol a nivel mundial, siendo el único país capaz de competir con la gasolina sin ayuda fiscal directa y con uno de los procesos más bajos en emisiones de gases de efecto invernadero (Dufey et al., 2007a).

En el caso de los costos de bioetanol y biodiesel de primera generación, salvo para el caso del bioetanol brasileño en base de azúcar, se aprecia un alza sostenida en el costo de los distintos *feedstocks*, el ítem más significativo dentro de los costos totales (IAI, 2008a). Los mayores costos totales se presentan para el biodiesel en base a raps (US\$ 1,6 por litro en 2007) y bioetanol de trigo (US\$ 1,3 por litro en 2007), mientras que los menores costos totales se dan para el bioetanol brasileño (US\$ 0,3 por litro en 2007), siendo el único biocombustible competitivo frente a la gasolina.

Si bien los costos del biodiesel tienden en general a ser más altos que los del bioetanol, este cuadro no incluye el biodiesel en base a cultivos tropicales como el aceite de palma, de altísima productividad, y que presenta unos costos cercanos a dos tercios de aquel del biodiesel en base a raps (Dufey et al., 2007a).

Es importante notar que la economía de los biocombustibles también se ve críticamente afectada por la capacidad para generar co-productos, por ejemplo, bagazo para cogeneración en el caso del bioetanol en base a caña de azúcar, alimentos animales para el bioetanol de maíz o la producción de glicerina para el biodiesel. También en el futuro su economía se podría ver favorecida por la venta de créditos de reducción de carbono, por ejemplo, bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

En cuanto a los costos de capital, se calcula que los costos de construcción para plantas de bioetanol en base a maíz en EE.UU varían entre los US\$ 1,05 - US\$ 3,00 por galón de capacidad anual. En Louisiana (EE.UU) se estima que una planta de capacidad de 32 millones de galones anuales (usando melaza como *feedstock*) cuesta US\$ 41 millones o US\$ 1,28 por galón de capacidad anual. En Brasil una planta de 45 millones de galones anuales utilizando caña de azúcar cuesta US\$ 60 millones o US\$ 1,32 por galón de capacidad (Dufey et al., 2007b).

En cuanto a los costos de producción de biocombustibles de segunda generación, estos son bastantes mayores pese a que el costo de los insumos es menor con respecto a los de primera generación. Así, en relación a los costos de la generación actual de biocombustibles líquidos, estimaciones sugieren unos mayores costos entre un 30% (para bioetanol) y 70% para la conversión de biomasa a combustibles líquidos a través de otros procesos avanzados (por ejemplo, Biomass-to-liquid (BtL)). Consecuentemente, los niveles de inversión de capital requeridos para instalar una planta son sustancialmente superiores, en parte explicado por la mayor escala de operación requerida. Por ejemplo, la Energy Information Administration (EIA, 2007) de los EE.UU apunta a una inversión de US\$ 375 millones para una planta con capacidad de 50 millones de galones anuales (considerando el dólar de 2005) mientras que NREL estima costos de US\$ 200 millones para una planta de 69,3 millones de galones anuales. Actualmente EE.UU realiza esfuerzos inmensos de I&D para el desarrollo de bioetanol celuloso y espera reducir los costos a la mitad hacia el 2012.

## E. Perspectivas futuras para los biocombustibles

### 1. Producción

Se proyecta que la producción mundial de biocombustibles aumentará rápidamente en los próximos años impulsada por una mayor demanda de combustible en el sector transportes. Por ejemplo, proyecciones de la OECD y la FAO indican que la producción mundial de bioetanol se duplicaría entre los años 2008 y 2018 alcanzando unos 192 billones de litros, donde 148 billones de litros corresponderían a bioetanol y 44 billones de litros a biodiesel (OECD-FAO, 2009). Asimismo, las proyecciones de la AIE (2008a) anticipan que la producción mundial de biocombustibles crecerá entre un 7% y un 9% anual –dependiendo del escenario–, alcanzando entre un 4% y un 7% del combustible utilizado por el transporte terrestre para el año 2030. Se espera que el bioetanol cubra la mayor parte del incremento en el uso mundial de los biocombustibles. Los costos de producción de los biocombustibles líquidos difieren ampliamente, dependiendo del tipo de biocombustible, *feedstock*, método de producción y el país de origen.

No obstante, se debe considerar que estas proyecciones pueden ir modificándose dependiendo del precio del petróleo y de cuándo, efectivamente, se encuentren disponibles los biocombustibles de segunda generación en el mercado. Se espera que el bioetanol celulósico sea una contribución al sector de transporte en una o dos décadas más.

Asimismo, estas alzas en la producción se continuarían sustentando en la mantención de programas gubernamentales para su penetración, avaladas por generoso apoyo fiscal y no por factores de mercado, ya que a excepción del bioetanol brasileño en base a caña de azúcar, se espera que los biocombustibles sigan enfrentado problemas de costos y competitividad frente a los combustibles fósiles (OECD-FAO, 2009).

EE.UU, la UE y Brasil continuarán siendo los principales mercados. El consumo seguirá siendo modesto en otros países con los mayores incrementos en Asia, particularmente China e India (OECD-FAO, 2009).

De acuerdo a los escenarios de la Agencia Internacional de Energía (AIE 2008b), en términos del uso de la tierra, se espera que la proporción entre la disponibilidad mundial de tierra dedicada al cultivo de los biocombustibles contemple entre un 2,8 % y un 3,8% al 2030, desde un 1% en el 2004. La disponibilidad de la tierra y los impactos en el mercado de alimentos (ver capítulos V y VII, respectivamente) serán factores clave limitando el crecimiento del mercado de los biocombustibles de primera generación.

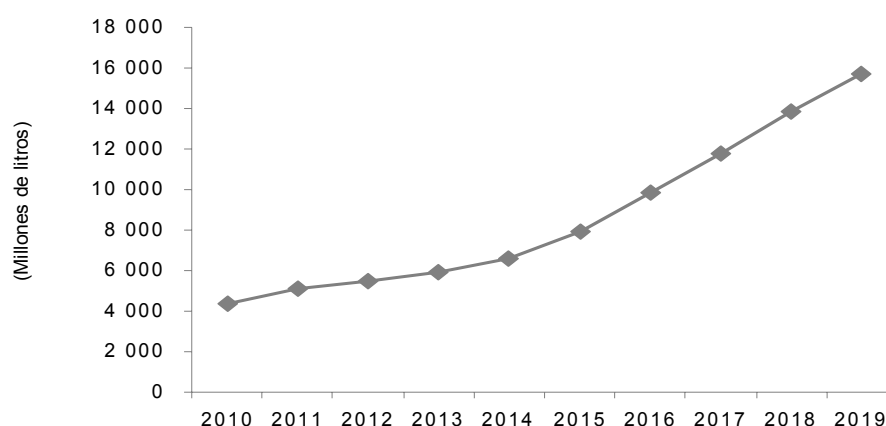
### 2. Comercio internacional

Se espera que el comercio internacional de biocombustibles se expanda significativamente. No obstante, la mayor parte del consumo seguirá siendo producida en forma doméstica dadas las restricciones al comercio existentes. Se presume que Brasil continuará siendo el principal exportador de bioetanol. Sin embargo, productores de bajo costo en otras partes del mundo podrían surgir como exportadores importantes. En cuanto a países de ALC, la iniciativa BioTop es más bien cauta, y considerando la satisfacción de las metas internas existentes en cada país (ver capítulo IV), establece que sólo Brasil tiene la capacidad de abastecer su demanda interna y externa en forma simultánea y, por lo tanto, de permanecer como un exportador importante nivel global. Con respecto al biodiesel, se espera que países como Malasia e Indonesia se conviertan en exportadores significativos, especialmente de biodiesel producido en base a aceite de palma. En ALC, Argentina se mantendría como un exportador relevante.

A pesar de las normativas de los EE.UU para aumentar su autosuficiencia en el abastecimiento de biocombustibles, los aumentos en la producción local no serían suficientes para abastecer la demanda esperada, por lo que ese país continuará siendo un país importador clave, especialmente de bioetanol. Luego, su fuerte demanda seguirá siendo satisfecha a través de

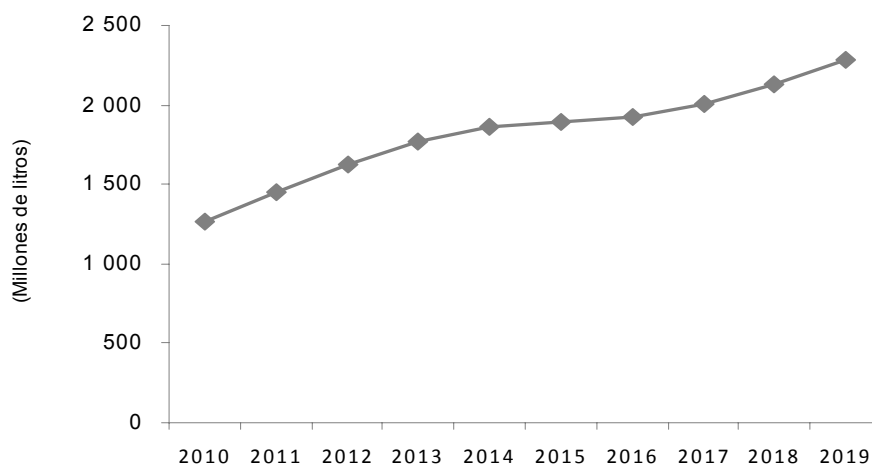
producción interna e importaciones, estas últimas a partir de países que se ven beneficiados de acceso preferencial a ese mercado, por ejemplo, como son los países del Tratado de Libre Comercio con América Central (CAFTA) y también Brasil. En la UE, dadas las limitaciones internas de disponibilidad de tierras y la presión sobre los precios de las materias primas, el cumplimiento de las ambiciosas metas de penetración para los biocombustibles (5,75% indicativo para el 2010 y un 10% obligatorio de energías renovables en el transporte para el 2020) requerirá de volúmenes significativos tanto de biocombustibles importados como producidos localmente, especialmente de biodiesel. Se sugiere que para el 2020 las importaciones abastecerán cerca del 20% de la demanda de la UE de biocombustibles, en donde un 50% será en base a materias primas de primera generación, principalmente semillas oleaginosas y aceites vegetales (CE, 2007a). Otros países que podrían llegar a ser importadores importantes son los asiáticos como Japón, Corea y Taiwán, los cuales tienen escasa disponibilidad de tierras para aumentar la producción. China e India, debido a los grandes volúmenes de demanda, también serán importadores netos de biocombustibles.

**GRÁFICO III.11**  
**PROYECCIÓN DE LA CANTIDAD DE BIOETANOL COMERCIALIZADO, 2010-2019**



Fuente: Elaboración propia del autor en base a datos de FAPRI, 2010.

**GRÁFICO III.12**  
**PROYECCIÓN DE LA CANTIDAD DE BIODIESEL COMERCIALIZADO, 2010-2019**



Fuente: Elaboración propia del autor en base a datos de FAPRI, 2010.

### 3. Costos

La AIE ha realizado proyecciones de precio en el corto y largo plazo para distintos tipos de biocombustibles en base a diferentes *feedstocks* bajo dos escenarios de precio del petróleo. En un escenario, con precios de petróleo relativamente bajos (US\$60 el barril) la mayoría de los biocombustibles de primera generación —salvo el brasileño en base a caña de azúcar— y todos aquellos de segunda generación, serían no competitivos frente a la gasolina, mostrando no obstante reducciones de costos importantes en el largo plazo, especialmente aquellos biocombustibles de segunda generación. Para estos últimos, se estima que sus costos incluso podrían llegar a ser menores a los del biodiesel en base a aceite de raps, pero no menores frente a los de otros biocombustibles de primera generación ni de la gasolina. Bajo un escenario de precios del petróleo de US\$120 el barril, se produciría un alza generalizada de los costos de producción de los biocombustibles. Pese a ello, salvo el biodiesel en base a raps, todos los biocombustibles se tornan competitivos (Eisentraut, 2010).

Con todo, existe consenso en que el tema de los costos seguirá siendo crítico, por lo que la producción de biocombustibles continuará siendo dictada por políticas gubernamentales y subsidios y no por reglas de mercado. También, existe acuerdo en que la viabilidad económica de la industria dependerá críticamente de la capacidad de desarrollar co-productos y de organizarse en torno al concepto de biorefinerías.

## F. Temas clave para los países de América Latina y el Caribe

Del análisis anterior surgen los siguientes temas clave para los países de ALC.

**Países de ALC participan en el desarrollo del mercado global pero sólo unos pocos son relevantes:** El principal productor global de bioetanol es los EE.UU seguido por Brasil, países que en conjunto concentran el 85% de la producción global. En el caso del biodiesel, el líder global indiscutido es la UE. Así, en los países de la región, más allá de Brasil, que posee una larga experiencia en la producción de bioetanol y cada vez más en biodiesel, sólo Colombia (bioetanol y biodiesel) y Argentina (biodiesel) poseen hoy en día desarrollos significativos en su industria de biocombustibles. La participación del resto de los países de América Latina y el Caribe prevalece muy modesta. Al igual que a nivel global, el desarrollo del mercado del biodiesel en los países ALC se encuentra en una etapa aún más inmadura que la del bioetanol y el desarrollo de los combustibles de segunda generación se encuentra de momento relegado a los países industrializados.

**Oportunidades de exportación existen, pero no son inmediatas y existen riesgos asociados:** El mercado global actual ofrece oportunidades de exportación ya que los grandes países consumidores —EE.UU, UE, China e India— no poseen la capacidad para abastecer la totalidad de su demanda local, tendencia que se acentuará en el futuro. Actualmente sólo Brasil posee capacidad de abastecer la demanda interna y externa de bioetanol, situación que se mantendría en el futuro. En cuanto al biodiesel, sólo Argentina y en menor medida Colombia, han sido capaces de desarrollar una industria exportadora. Sin embargo, el desarrollo de una industria exitosa orientada a la exportación en el futuro dependerá crucialmente de la capacidad efectiva de los países para expandir su oferta en forma eficiente. Ello implica ser capaces de producir en concordancia con los estándares técnicos relevantes en los mercados importadores. Asimismo, requiere del desarrollo de la infraestructura de transporte —terrestre y vial— adecuada para alcanzar los mercados exportadores. Más aún, la existencia de barreras arancelarias, especialmente a las exportaciones de Brasil, y las especificaciones técnicas y ambientales seguirán actuando como barreras a las exportaciones mermando las oportunidades subyacentes en el mercado externo. Los países de la región se pueden beneficiar de la experiencia de países como Brasil, que es el líder indiscutido en la producción y comercio de bioetanol. En efecto, la estrategia de Brasil, en forma paralela a expandir su propia capacidad de oferta, ha sido ofrecer bienes y servicios a terceros países para que desarrollen su capacidad productiva, lo cual, más allá de asegurar una futura oferta a la demanda internacional, le ha

reportado una importante fuente de nuevos negocios tanto o más importante que las exportaciones mismas de bioetanol. Por otro lado, los países deben considerar que la planificación de una industria exportadora de biocombustibles sobre la base de la existencia de preferencias comerciales es bastante riesgosa. La experiencia muestra, por ejemplo, que en el caso de los Sistemas Generales de Preferencia (SGP) que éstas pueden ser eliminadas en cualquier momento teniendo efectos devastadores sobre la industria doméstica. La firma de Acuerdos Comerciales de países de la región en la medida que hagan las preferencias permanentes o bien establezcan nuevas preferencias podría dar mayor seguridad en el acceso a mercado.

**Los costos de producción, la capacidad de generar co-productos y el desarrollo del concepto de biorefinería son importantes:** Los costos de producción surgen como un tema crítico. Si bien las tecnologías de primera generación se encuentran bien establecidas, la competitividad de los biocombustibles es hoy fuertemente cuestionada y sólo la producción de bioetanol en base a caña de azúcar en Brasil es competitivo frente a la gasolina. En el resto de los países, su viabilidad actual, y su continuidad en el futuro, depende de los altos precios del petróleo y de la existencia de generosa ayuda fiscal. Más allá de lo que ocurre en el mercado del petróleo, el mercado de los biocombustibles se ve también fuertemente influenciado por los acontecimientos que ocurren en el mercado agrícola, ya que los costos de los cultivos energéticos es el ítem de costos más importante. Ambos mercados —el del petróleo (y energético en general) y el agrícola— constituyen mercados altamente distorsionados, por lo que al vincularlos se adicionan riesgos adicionales. A mayor el precio del petróleo mayor es el vínculo entre ambos mercados. Adicionalmente, la capacidad de producir co-productos y establecer una industria en base al concepto de biorefinería también surge como tema clave para dar viabilidad económica al mercado.

**Estar vigilantes del mercado de biocombustibles de segunda generación y fortalecer la innovación en el sector:** Los países de la región no deben dejar de estar alerta respecto de los desarrollos que vayan ocurriendo en los biocombustibles de segunda generación. Las proyecciones indican un rol muy importante para los biocombustibles de segunda generación y los países de la región deben irse preparando para poder participar de este desarrollo. Ello no es trivial ni posiblemente una opción inmediata para todos los países debido a los grandes montos de inversión de capital requeridos, el bajo nivel de madurez de la tecnología y las fuertes diferencias existentes en las capacidades de innovación a nivel de los países de América Latina y el Caribe. Nuevamente la cooperación regional entre aquellos países más adelantados como es Brasil (o bien con otros países en otras regiones) y aquellos menos adelantados aparece como un elemento importante.

## **IV. Tendencias en políticas e instrumentos para el desarrollo de los biocombustibles**

### **A. Tendencias en políticas y regulación a nivel general**

La industria de los biocombustibles se ha ido desarrollado gracias a la existencia de ambiciosas políticas establecidas por los gobiernos y no por fuerzas de mercado propiamente tal. Hoy en día la gran mayoría de los países del mundo poseen algún tipo de política o instrumento para favorecer su desarrollo. Como el cuadro IV.1 presenta, estas políticas poseen entre sus principales características, ya sean cualitativas o cuantitativas, una combinación de mandatos, subsidios directos, exenciones tributarias y especificaciones técnicas que abarcan la producción de biomasa, la producción de biocombustibles, su uso final y el comercio internacional.

En general, en la medida que los niveles de producción han ido creciendo, los principales países productores han ido pasando de un enfoque más basado en los subsidios a uno con un mayor enfoque en metas de penetración. Entre las principales razones se encuentran los costos de los subsidios, los que se incrementan en la medida que aumenta la producción. El costo de los mandatos, por su parte, es absorbido por el consumidor final (Tyner, 2008). Asimismo, mayor será el costo de estas políticas mientras menor sea el precio del combustible fósil al cual se reemplaza. Luego, muchas de las metas propuestas han resultado demasiado ambiciosas, por lo que se ha hecho necesario revisarlas y realizar diversos cambios a los mandatos propuestos. Esta tendencia podría verse acentuada considerando la actual crisis económica enfrentada por los principales países de la UE, la cual diversos gobiernos han ido enfrentando vía fuertes reducciones en el presupuesto fiscal. Entre las medidas discutidas para lograr esos niveles de reducción son un menor nivel de apoyo a las energías renovables.

Con todo, actualmente un gran número de países, ya sean industrializados o en desarrollo, han implementado o están implementando instrumentos de política para apoyar el desarrollo del mercado de biocombustibles. El cuadro IV.2 resume las metas propuestas para las mezclas de biocombustibles en los principales países del mundo. Es importante notar que las ambiciosas metas de países como EE.UU y la UE, entre otros, han debido ser revisadas y modificadas. Por ejemplo, recientemente los EE.UU, tomó la resolución de disminuir la meta de producción de biocombustible celulósico de 100 millones de galones a 6,5 millones de galones equivalentes de bioetanol, mediante el Estándar de Combustibles Renovables 2 publicado en febrero de 2010 (Gibson, 2010). Estas revisiones surgen por dos razones. La primera es la incapacidad de cumplir con las metas de producción interna a



biocombustibles de primera generación, y segundo, atrasos en la disponibilidad de biocombustibles de segunda generación respecto de lo inicialmente previsto (Hebebrand and Laney, 2007). Adicionalmente, preocupaciones respecto de proveer una producción ambientalmente sustentable y sin afectar al mercado de alimentos también han sido factor de influencia.

**CUADRO IV.1**  
**PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS POLÍTICAS DE BIOCOMBUSTIBLES**

Agente económico o actividad afectada directamente por la política					
	Producción de biomasa	Producción de biocombustibles	Uso de biocombustibles	Comercialización de biocombustibles	
Tipo de política	Requerimientos cuantitativos		Obligaciones de mezclas	Cuota de importación	
	Requerimientos cualitativos	Obligaciones de tierras retiradas de producción con autorización para la producción de biocombustibles	Estándares de combustibles (ej. contenido de oxígeno)	Estándares de combustibles	
	Incentivos financieros	Pago de cultivos energéticos	Ayuda a la inversión/ créditos fiscales para plantas de producción	Concesiones tributarias para combustibles	Tarifas de importación
		Medidas generales de apoyo agrícola	Subsidios para préstamos	Concesiones tributarias para la venta de vehículos compatibles con biocombustibles	
		Investigación pública en procesos de conversión	Investigación pública en desarrollo de motores		

Fuente: OECD, 2007.

**CUADRO IV.2**  
**LISTADO DE MANDATOS MUNDIALES DE BIOCOMBUSTIBLES**

País	Mandato
Australia	E2 en New South Wales, llegando a E10 para el 2011; E5 en Queensland para el 2010
Argentina	E5 y B5 para el 2010
Bolivia (Estado Plurinacional de)	B2.5 al 2007 y B20 al 2015
Brasil	E22 a E25 existente (pequeñas variaciones en el tiempo); B3 al 2008 y B3 para el 2013

(continúa)

Cuadro IV.2 (conclusión)

País	Mandato
Canadá	E5 al 2010 y B2 al 2012; E7.5 en Saskatchewan y Manitoba; E5 al 2007 en Ontario
Chile	E5 y B5 al 2008 (voluntario)
China	E10 en 9 provincias
Colombia	E10 y B10 existentes
Alemania	E5.25 y B5.25 para el 2009; E6.25 desde el 2010 hasta el 2014
India	E5 para el 2008 y E20 al 2018; E10 en 13 estados/territorios
Italia	E1 y B1
Jamaica	E10 para el 2009
Korea	B3 para el 2012
Malasia	B5 para el 2008
Paraguay	B1 en el 2007; B3 para el 2008; y B5 al 2009; E18 (ó más) existente
Perú	B2 en el 2009; B5 para el 2011; E7.8 al 2010
Filipinas	B1 y E5 al 2008; B2 y E10 para el 2011
Sudáfrica	E8-E10 y B2-B5 (propuesto)
Tailandia	E10 al 2007 y B10 para el 2012; 3% de cuota de biodiesel para el 2011
Reino Unido	E2.5/B2.5 al 2008; E5/B5 para el 2010
Estados Unidos	A nivel nacional, 130 mil millones de litros al año para el 2022 (36 mil millones de galones); E10 en Iowa, Hawaii, Missouri y Montana; E20 en Minnesota; B5 en Nuevo México; E2 y B2 en Louisiana y el estado de Washington; Pennsylvania 3.4 mil millones de litros de biocombustible al año para el 2017 (0.9 mil millones de galones)
Uruguay	E5 para el 2010; B2 desde el 2008 al 2011 y B5 para el 2012

Fuente: REN21, 2009.

## B. Tendencias en políticas y regulación en los principales países productores

Dentro del escenario global de los biocombustibles los principales actores y con más larga data en el desarrollo y producción son los EE.UU, la UE y Brasil, por lo que la siguiente sección se enfoca en las principales políticas e instrumentos implementados en estos países.

## 1. Estados Unidos

Las políticas implementadas por EE.UU. para la regulación y promoción de la industria de los biocombustibles son bastante amplias y de larga data respondiendo a los objetivos estratégicos de incremento de la seguridad energética y promoción de desarrollo rural.

En efecto, los primeros esfuerzos por incentivar el desarrollo de los biocombustibles fueron en la década de los años setenta, durante la Administración Carter, como respuesta a la crisis del petróleo, aprobando una legislación para promover la producción y uso de bioetanol en el transporte, en donde se concedía un 100% de exención de los impuestos al petróleo (US\$ 0,0105 por litro) (FAO, 2008).

Sin embargo, fue sólo en los años ochenta que EE.UU. comenzó a dar asistencia a la producción como una forma de abordar la crisis en la industria del maíz. Posteriormente, con la prohibición del uso de plomo en la gasolina el bioetanol comenzó a cobrar un mayor interés debido a sus propiedades como agente para mejorar el octanaje. Las modificaciones al Acta de Aire Puro de 1990 establecen el programa de combustible oxigenado, el que indica que el petróleo vendido en áreas con altos niveles de monóxido de carbono debe contener un 7% de oxígeno. Más tarde, el Programa de Gasolina Reformulada requirió que el petróleo que contenía un 2% de oxígeno fuera vendido en áreas con altos niveles de smog fotoquímico. Sin embargo, fue sólo con la prohibición del MTBE a comienzos de los años noventa que el bioetanol comenzó a ser ampliamente utilizado (Dufey, 2006).

En el año 2000 se llevó a cabo el Acta de Investigación y Desarrollo de la Biomasa (*Biomass Research and Development Act of 2000*), que busca la “creación continua de oportunidades de expansión para los participantes en todos los tipos de biocombustibles existentes mediante la búsqueda de sinergias y continuidad con las tecnologías y prácticas actuales, tales como el uso de granos secos como fuente de materia prima” (U.S. Congress, 2006). Posteriormente, la Ley Agrícola del 2002 (*2002 Farm Bill*) buscó promover el desarrollo de las biorefinerías, generar incentivos a los productores de cultivos y realizar programas de educación que promovieran los beneficios de producir y utilizar biocombustibles enfocados en agricultores, autoridades locales y sociedades civiles (U.S. Congress, 2002). Posteriormente, la Ley de Creación de Empleos del año 2004 introdujo el impuesto selectivo al consumo volumétrico de bioetanol (VEETC por sus siglas en inglés) y un crédito fiscal de US\$ 0,1347 por litro de bioetanol para mezcladores o minoristas. Este fue posteriormente modificado en el año 2008 a US\$ 0,1189 por litro y además se introdujo un crédito fiscal de US\$ 0,2668 por litro para el bioetanol en base a celulosa (FAO, 2008).

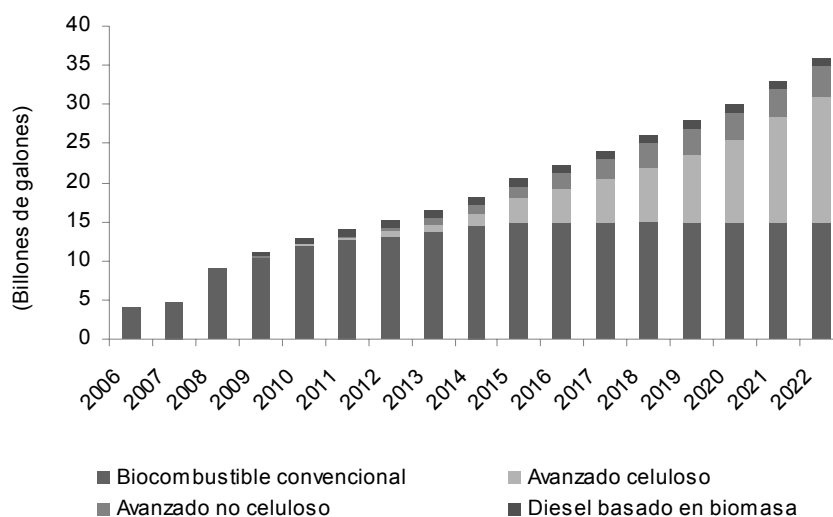
Adicionalmente, los EE.UU. aplica una sobretasa a las importaciones de bioetanol de US\$ 0,1427 por litro por sobre la tarifa ad valorem normal de 2,5%. La razón de esta tarifa es proteger la industria nacional ya que el subsidio al bioetanol aplica tanto a la producción local como extranjera. Sin embargo, el nivel actual del subsidio es menor a la sobretasa (Tyner, 2008).

En cuanto al biodiesel, este también fue incluido en el VEETC. Los productores de biodiesel que utilicen cultivos agrícolas (básicamente soya) son candidatos a un crédito fiscal de US\$ 0,2642 por litro, mientras que los productores de biodiesel mediante residuos oleaginosos pueden recibir créditos de US\$ 0,1321 por litro. Algunos estados también ofrecen formas de exención de impuestos especiales. Es importante destacar que el VETCC sobre el biodiesel es aplicado sin importar su país de origen.

Por otro lado, la Ley de Política Energética del 2005 (*Energy Policy Act of 2005*) introdujo metas cuantitativas a los combustibles renovables. Ella corresponde a uno de los cambios regulatorios y esfuerzos más notables de los últimos años para incluir a los biocombustibles dentro de la matriz del transporte. Específicamente introduce el Estándar de Combustibles Renovables (RFS por sus siglas en inglés), el cual requiere que la producción de combustible de EE.UU. incluya un mínimo monto de combustibles en base a fuentes renovables; éste fue modificado posteriormente en 2007. En su versión de 2007, el RFS establecía un total de 4 billones de galones (15.000 millones de litros) en 2006, incrementándose gradualmente hasta alcanzar un volumen de 9 billones de galones (34.000 millones

de litros) de combustibles renovables para el 2008 hasta llegar paulatinamente a 36 billones de galones (136.000 millones de litros) en el año 2022. De estos últimos, un 60% debe provenir de biocombustibles avanzados (donde un 75% a partir de celulosa y un 25% de biocombustibles avanzados indiferenciados como el biodiesel y bioetanol en base a caña de azúcar) (U.S. Congress, 2005). Entre los requisitos o características implícitas de estas categorías de biocombustibles están las reducciones de gases de efecto invernadero asociadas a partir de un análisis de ciclo de vida: 20% para bioetanol en base a maíz y 50% para biocombustibles avanzados, a excepción del bioetanol celulósico al cual se especifica una reducción de 60% (FAO, 2008).

**GRÁFICO IV.1**  
**ESTÁNDAR DE COMBUSTIBLES RENOVABLES (RFS) EE.UU, 2007-2022**



Fuente: Tyner, 2008.

Dado lo ambicioso del RFS y que en un gran porcentaje se basa en la existencia de biocombustibles celulósicos, EE.UU. fomenta fuertemente el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación, especialmente el bioetanol celulósico. Así, por ejemplo, la Ley de Independencia y Seguridad Energética (*Energy Independence and Security Act of 2007*) a través del Programa de Biomasa ha otorgado más de US\$ 500 millones durante el período fiscal 2008-2015 para promocionar el desarrollo y uso de biotecnologías y otros procesos para la producción de biocombustibles avanzados a partir de cultivos celulósicos de forma que sean competitivos (FAO, 2008). Su enfoque va más allá de promover su uso en el transporte, ya que se fomenta también la producción de bioproductos que reduzcan el uso de combustibles fósiles en instalaciones manufactureras y, además, para demostrar la aplicación comercial de biorefinerías integradas que utilicen cultivos celulósicos para producir combustibles líquidos para el transporte, químicos de alto valor, electricidad y calor (U.S. Congress, 2007). Asimismo, se estableció un programa de subvenciones por US\$200 millones para la instalación de una infraestructura de reabastecimiento de E85.

Recientemente, en febrero de 2010, considerando atrasos en la disponibilidad comercial de los biocombustibles de segunda generación, EE.UU. tomó la resolución de disminuir la producción de biocombustible celulósico de 100 millones de galones a 6,5 millones de galones equivalentes de bioetanol (Gibson, 2010).

## 2. Unión Europea

La UE comenzó a promover los biocombustibles, especialmente biodiesel, en los años ochenta como una forma de prevenir un deterioro en los medios de vida en las áreas rurales, a la vez que respondía a los crecientes niveles de la demanda energética. Sin embargo, fue sólo durante la segunda mitad de los años noventa que el biodiesel comenzó a ser ampliamente desarrollado. Entre las políticas clave que afectan el mercado europeo de biocombustibles se incluyen las políticas de energía, agricultura y de cambio climático. Al igual que en los EE.UU, éstas incluyen mandatos de penetración, subsidios y barreras al comercio.

En particular, se identifican tres directivas principales. La primera es la Directiva 2003/30/EC, que establece metas indicativas para el consumo de biocombustibles en el sector transporte. La directiva establece un objetivo de referencia voluntario de un 2% de consumo de biocombustibles (en bases de contenido energético) para el 2005 y de un 5,75% a partir del 31 de diciembre de 2010 (CE, 2003a). Esto obliga a que los Estados miembros fijen metas nacionales para la participación de los biocombustibles, alineadas con los porcentajes de referencia de la Directiva, pero con plena libertad de escoger las estrategias para la consecución de dichos objetivos (FAO, 2008).

El segundo pilar es la Directiva 2003/96/EC que complementa la anterior, proveyendo un marco legal para la aplicación de incentivos fiscales sobre los biocombustibles. Las tasas de impuestos mínimas efectivas sobre gasolina sin plomo *premium*, combustible diesel y petróleo para calefacción a partir de enero de 2004 eran: € 359/m<sup>3</sup>, € 302/m<sup>3</sup> y € 21/m<sup>3</sup>, respectivamente. Para el diesel, la tasa mínima sería incrementada a € 330/m<sup>3</sup> hacia enero de 2010 (CE, 2003b). Más aún, varios países de la UE han implementado créditos tributarios de hasta un 100% para el biodiesel, incluyendo Alemania, Suecia y España (Biofuels Taskforce, 2005).

La tercera Directiva se refiere a especificaciones técnicas o ambientales para los combustibles descritos en la directiva 98/70/EC y que han sido modificados por la directiva 2003/17/EC. La Directiva señala un límite de 5% de contenido de bioetanol en las mezclas de combustibles debido a razones ambientales (CE, 2003c). La Comisión Europea (CE) estudia una modificación que aumente ese porcentaje a 10%.

También se otorga apoyo a la bioenergía mediante la Política Agrícola Común (PAC) de la UE. Así en una modificación realizada en 2003 se establece el “Crédito al Carbono”, el cual paga € 45/ha a quienes producen cultivos energéticos, con un tope de hasta 1,5 millones de hectáreas. El crédito está disponible para todo tipo de cultivos agrícolas, salvo remolacha y cáñamo, siempre y cuando éstos sean utilizados para usos energéticos aprobados y posean un contrato de producción que avale este propósito. Los cultivos energéticos cultivados en tierras sacadas de producción no son elegibles para el crédito al carbono (CE, 2003d).

En marzo de 2007, la CE formuló la Directiva sobre Energías Renovables (RED por sus siglas en inglés), la cual fue aprobada en 2008. Ella establece una meta obligatoria de un 20% de participación de las energías renovables en el consumo energético de la UE para el año 2020, en donde además se ratifica el 10% como meta mínima obligatoria para la participación de energías renovables en el consumo de gasolina y diesel en toda la UE para ese mismo año. Sin embargo, debido a preocupaciones por los posibles impactos ambientales y sobre la seguridad alimentaria en el cumplimiento de dicha meta a partir de los biocombustibles de primera generación, en abril de 2009 la meta anterior fue modificada. La Directiva 2009/28/EC establece que los objetivos acordados (20% de participación de energías renovables en la matriz eléctrica total y 10% mínimo de energías renovables en el transporte) serán adecuados siempre y cuando la producción sea sostenible y los biocombustibles de segunda generación estén disponibles comercialmente, incluyendo además dentro de esa meta a los autos y trenes eléctricos (CE, 2009). De manera de asegurar la sustentabilidad de los biocombustibles, la UE decidió que para calificar dentro de la cuota del RED, los biocombustibles, ya sean producidos en forma doméstica o importados, deberán cumplir con ciertos criterios mínimos. En particular, que al menos posean un 35% menores emisiones de gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles

—exigencia que irá aumentando a medida que se avanza hacia el año 2020— y que no provengan de bosques deforestados o humedales.

Es importante resaltar que la CE establece metas para la UE como un todo y los distintos países deciden qué estrategias utilizar para lograrlo. En algunos casos, las metas nacionales van más allá de la meta general establecida, como sucede con Alemania. Sin embargo, debido a lo ambicioso que resultan las políticas en relación a las realidades del mercado, sus altos costos económicos y los potenciales impactos que pueden tener sobre la sustentabilidad, la UE ha debido modificar dichas metas. Por ejemplo, como se menciona más arriba, incluyendo junto a los biocombustibles los autos y trenes eléctricos en la meta de 10% de energías renovables en el transporte al 2020 y la exigencia de criterios de sostenibilidad, o bien como en Alemania, que atendiendo a las condiciones de mercado redujo su mandato de mezcla obligatoria para el año 2009 de un 6,25% a 5,25%, el cual no obstante volvería a su nivel inicial para el período 2010-2014 (REN21, 2009).

### 3. Brasil

La política de Brasil en torno a los biocombustibles comenzó en el año 1975 con el lanzamiento del Programa Brasileño de Alcohol (PROALCOOL) el cual creó las condiciones para el desarrollo a gran escala de la industria del bioetanol en base a caña de azúcar. El objetivo estratégico de este programa era la búsqueda de independencia de las importaciones de petróleo debido a los altos costos presentados durante la crisis de 1970.

Entre las estipulaciones clave del programa se encontraban las cuotas de producción y un precio fijo de compra para el bioetanol; un volumen determinado de compras de bioetanol por parte de la empresa estatal PETROBRAS; un precio fijo garantizado para el bioetanol; incentivos a la inversión en centros de producción; incentivos tributarios para los dueños de autos que utilizaran mezclas de gasolina con bioetanol y créditos blandos para implementar los cambios tecnológicos necesarios a los vehículos (Delaunay, 2007). El programa obtuvo una buena respuesta, generando un rápido aumento en la producción de bioetanol y poniendo en las calles una gran flota de vehículos que funcionan en base a este biocombustible. Sin embargo, la caída en los precios del petróleo en 1986 hizo que el bioetanol dejara de ser competitivo, lo que generó un problema al no poder eliminar los subsidios temporales. Junto con lo anterior, los altos precios del azúcar llevaron a una escasez de bioetanol en los principales centros de consumo lo que además bajó la credibilidad del programa. Así, en 1990 se realizó una revisión del programa disolviendo el Instituto del Azúcar y del Alcohol (IAA), el cual había regulado la industria por más de 60 años, lo que llevó a transferir las actividades de producción, distribución y ventas al sector privado. Adicionalmente, se eliminó el acuerdo de distribución monopolístico de PETROBRAS, se liberalizaron los precios del bioetanol y se redujeron los subsidios a los productores de bioetanol para mezclarlo con gasolina. Paralelamente, se introdujo el sistema de mezclas obligatorias de gasolina y bioetanol con un porcentaje que oscila entre el 22 y 24%, el cual se mantiene hasta el día de hoy.

En 1999 se generó la apertura del bioetanol al mercado y el fin de los precios garantizados del biocombustible. En el año 2001, como una forma de revivir el Programa PROALCOOL, se introdujeron medidas adicionales que incluyeron una reducción del impuesto sobre los vehículos con opción flexible de combustibles (FFV), subsidios a los compradores de FFV y subsidios para el almacenamiento de azúcar de forma de asegurar la oferta futura de bioetanol. Hoy en día el organismo que vela por las políticas y regulaciones del bioetanol es el Consejo Interministerial del Azúcar y del Alcohol (CIMA).

Con todo, aunque el nivel de apoyo actual del gobierno de Brasil al bioetanol es mínimo en comparación a otros países, históricamente fue un factor clave tras el desarrollo de este mercado (Dufey et al., 2007a).

En cuanto al biodiesel en Brasil su desarrollo es bastante más reciente. Se comienza a fomentar a través del Programa Nacional para la Producción de Biodiesel (PROBIODIESEL) en el año 2004 como una forma de replicar el programa del bioetanol pero a una escala menor. A

comienzos de 2005, el gobierno aprobó una ley que hace obligatoria la introducción de un 2% de biodiesel dentro de la mezcla de combustible a partir de 2007, el cual debe ser producido a partir de aceite de ricino, soya o palma, obligación que se incrementará a un 5% y un 20% hacia 2013 y 2020, respectivamente. El programa además establece metas para la mezcla biodiesel-diesel e involucra un marco que incluye exenciones tributarias diferenciadas dependiendo del tipo de oleaginosas utilizadas, lugar de cultivo y si son producidas por grandes compañías o productores familiares. Este es el llamado “Sello Combustible Social”, que busca promover una mayor inclusión social en la producción de biodiesel a lo largo de su cadena de valor. El Sello establece las condiciones para que los productores industriales de biodiesel obtengan los beneficios y créditos establecidos. Por ejemplo, para recibir el sello un productor industrial debe comprar cultivos energéticos a partir de productores familiares y establecer acuerdos legalmente vinculantes con ellos, especificando niveles de ingresos y garantizando asistencia técnica y entrenamiento. El Programa excluye a los cultivos energéticos y al biodiesel del Impuesto a los Productos Industriales (IPI) (FAO, 2008).

Adicionalmente, Brasil también promueve el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación. Estos esfuerzos se enfocan en la I+D de producción de bioetanol celulósico en base a bagazo de caña de azúcar. Entre los proyectos que se encuentran actualmente en funcionamiento en Brasil está la planta piloto de PETROBRAS, que utiliza procesos de hidrólisis enzimática y de la cual se espera una demostración a escala de producción el 2010 (Eisentraut, 2010).

Actualmente, las políticas brasileñas de bioenergía son guiadas por las Directrices de Política Agroenergética del Gobierno Federal, y vinculado a la política general del Gobierno Federal, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento se ha preparado el Plan Nacional de Agroenergía 2006-2010, que busca asegurar la competitividad del agronegocio brasileño y así apoyar políticas públicas específicas, como inclusión social, desarrollo regional y sostenibilidad ambiental (FAO, 2008). Además, en materia de I&D existe un Plan Director de Embrapa para el período 2008-2001-2023 (Embrapa, 2008).

## C. Tendencias en políticas y regulación en otros países de América Latina y el Caribe

A excepción de la experiencia de Brasil (expuesta en la sección anterior) y algunos casos puntuales y a menor escala de los países de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe, el desarrollo de los biocombustibles en los países de ALC es muy reciente. En efecto, considerando la exitosa experiencia brasileña y el alza en los precios del petróleo desde comienzos de la presente década, la región ha comenzado a promover agresivamente el desarrollo endógeno de industrias de biocombustibles con el fin de satisfacer objetivos de política clave tales como seguridad energética, reducción de importaciones de combustibles fósiles y promover el desarrollo rural. Ello se ha reflejado en la fijación de metas, sean obligatorias e indicativas para los biocombustibles en las mezclas de combustibles fósiles para el transporte, así como otros instrumentos de incentivo. Sin embargo, como se expone en los siguientes párrafos, estas políticas difieren tanto en sus objetivos como en sus estrategias e instrumentos, por lo que no se puede identificar una política general que promueva el desarrollo de los biocombustibles en la región.

A continuación se describen brevemente las principales políticas para la promoción de los biocombustibles en los principales países de ALC.

**Argentina:** El sector de los biocombustibles se comienza a promover en el año 2006, con la producción y uso de bioetanol, biodiesel y biogás, aunque su foco es el biodiesel (BioTop, 2009a). El sector de los biocombustibles se encuentra regulado por la Ley N° 26.093 “Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles” del año 2006, que establece un régimen de 15 años para regular y promocionar la producción y uso de los biocombustibles, además de establecer beneficios tributarios. Esta ley fue modificada por el Decreto N° 109, el cual especifica

la ley anterior en términos de la producción de biocombustibles y acceso a los beneficios que se otorgan. El aspecto clave de esta ley es convocar a un requerimiento de B5 y E5 a partir de enero de 2010 (CA, 2006), lo que legislativamente crea una demanda estimada de 670 millones de litros (220 millones de galones) de biodiesel para ese año y 250 millones de litros (aproximadamente 70 millones de galones) de bioetanol. Los productores de biocombustibles que venden al mercado doméstico tienen acceso a los incentivos establecidos por la ley de forma de evitar que exporten su producción. Pese a que el objetivo de la ley es incentivar la producción para abastecer el mercado interno, la totalidad del biodiesel producido se exporta (BioTop, 2009a).

Entre los principales incentivos fiscales a la producción de biocombustibles se encuentran el beneficio de amortización acelerada del impuesto a las ganancias y la devolución anticipada del IVA en la adquisición de bienes de capital o realización de obras de infraestructura. Asimismo, los biocombustibles producidos para mezclas con combustibles fósiles no se ven afectados por la Tasa de Infraestructura Hídrica ni el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos. El gobierno además garantiza que la totalidad del volumen de biocombustible producido será comprado durante lo que dure la ley (15 años).

**Bolivia:** el país posee un enfoque cauto respecto de los biocombustibles por temor a los impactos que el uso de la producción agrícola con fines energéticos pueda tener sobre los precios de los alimentos.

El marco normativo está dado por tres leyes. La Ley N° 3.152 “Fuentes de generación de energías alternativas en el Departamento de Pando” establecida el 3 de agosto de 2005; la Ley N° 3.207 “Estímulos a los productores de biodiesel” y la Ley N° 3.279 “Fuentes de generación de energías alternativas en el Departamento de Beni” establecida el 09 de diciembre de 2005 (OLADE, sin fecha). En estas leyes se señala la necesidad nacional de implementar fuentes de generación de energías alternativas en ambos departamentos, y se especifica que la meta a cumplir en un plazo de 10 años corresponde a tener mezclas B10. Anteriormente se había fijado una meta de B2.5 al año 2007. Otros instrumentos de incentivo incluyen beneficios impositivos como la exoneración del pago del Impuesto Específico a los Hidrocarburos, el Impuesto Directo a los Hidrocarburos y el 50% del total de la carga impositiva vigente en el país. Sin embargo, la falta de directivas o regulaciones que acompañen a estas leyes ha significado que en la práctica la industria no se haya podido desarrollar (BioTop, 2009a).

**Chile:** El enfoque de Chile hacia los biocombustibles, en su condición de importador neto de granos y que carece de ventajas comparativas para la producción de *feedstocks* de primera generación, ha sido establecer el marco que permita incorporar a los biocombustibles en la matriz del transporte y, en el largo plazo, la producción de biocombustibles de segunda generación.

Como normativas regulatorias clave en Chile se identifican el “Proyecto de ley sobre fomento de las energías renovables y combustibles líquidos” y la circular N° 30 del SII, que promulgan un mandato no obligatorio de un 5% para biodiesel y bioetanol en mezclas con combustibles fósiles (CNE, 2007). Asimismo, existe un Directorio Nacional de Biocombustibles creado por la Comisión Nacional de Energía (CNE). Como parte de los incentivos otorgados a la producción de biocombustibles se encuentra la exención del impuesto específico de los combustibles. Adicionalmente, se ha dado financiamiento a consorcios que propongan planes de investigación, desarrollo y comercialización de biocombustibles a partir de material lignocelulósico y en base a algas.

**Colombia:** Desde comienzos de la presente década el gobierno de Colombia ha apoyado el desarrollo de bioetanol mediante programas administrados por el Ministerio de Minas y Energía. El objetivo es promocionar la producción de bioetanol para consumo nacional generando grandes beneficios rurales, generando alternativas a la producción de cultivos ilegales, incrementando la seguridad energética, la protección del medioambiente y, en el largo plazo, generar una nueva industria exportadora. La primera iniciativa fue en 2001 mediante la implementación del proyecto “Biolgasolina” cuya meta era utilizar mezclas de gasolina con 10% de bioetanol (BioTop, 2009a).



El marco actualmente vigente incluye mandatos obligatorios en el país desde el año 2005, que corresponden a un volumen de biocombustibles del 10% en las mezclas, tanto para el bioetanol como para el biodiesel. Se espera que el porcentaje de biodiesel llegue a 20% en el 2012 (OLADE, sin fecha). Los programas de promoción también incluyen incentivos a la producción y comercialización, tales como exenciones tributarias tanto a la producción de *feedstocks* como al uso final, la creación de zonas francas para la producción de *feedstocks* y créditos blandos a la inversión. En el año 2008 se crearon lineamientos para promover estrategias para la producción sostenible de biocombustibles (Conpes, 2008).

Finalmente el Decreto 1135/2009 expresa que desde el primero de enero de 2012 el 60% de los autos nuevos a ser vendidos en el país deben ser Flex-Fuel 85 (sobre los 2000 cm<sup>3</sup> el decreto comienza a funcionar el 2013), cifra que debe llegar a un 80% en el 2014 y 100% en el 2016. Sin embargo, los fabricantes de automóviles y retailers no creen que sea posible dar cumplimiento a este decreto (BioTop, 2009a).

**Costa Rica:** El marco normativo de Costa Rica está regulado mediante los Decretos N° 31.087, 31.818, 33.357, 34.846 y 35.091. Por medio de ellos se identifican y formulan las estrategias para el desarrollo de bioetanol y del biodiesel; se crea la Comisión Nacional de Biocombustibles; se implementa el proyecto “Alternativas de Producción de Biocombustibles en Costa Rica”, y se busca favorecer el desarrollo de la industria nacional de biocombustibles. La meta establecida para el año 2009 era de un 7.5% de bioetanol y entre un 2% y un 5% para biodiesel, dentro de las mezclas de combustibles.

**Ecuador:** La política respecto a los biocombustibles en Ecuador se encuentra en una etapa temprana de desarrollo (BioTop, 2009a). La normativa está conformada por los Decretos Ejecutivos N° 146 y N°1.495, y las Leyes 2006-57 y 2007-85. En estas regulaciones se establece el Consejo Nacional de Biocombustibles, cuya labor es definir las políticas, planes, programas y proyectos relacionados a la producción, manejo, industrialización y comercialización de los biocombustibles. Además, se establece la calidad, precio y volumen de los derivados del petróleo y de los biocombustibles. Junto con esto, existe un fondo (FEISEH) que busca impulsar proyectos de inversión en el sector de los hidrocarburos.

En 2006 se lanzó el “Programa de Biocombustibles” cuyo objetivo es apoyar la industria agrícola, crear empleos y mejorar la calidad del aire mediante la sustitución de los combustibles fósiles. Este programa incluye la mezcla de gasolina con bioetanol y promocionar la producción de *jatropha curcas*. Además, la política ecuatoriana busca resguardar la soberanía alimentaria y el equilibrio ecológico de los ecosistemas por el uso del agua (BioTop, 2009a). La meta establecida para la mezcla de bioetanol es de un 5% y de 10% para el biodiesel (OLADE, sin fecha).

**El Salvador:** En el año 2005 se introdujo en Plan Nacional para la producción de bioetanol con el objeto de reducir la independencia de importaciones de combustibles fósiles. La meta propuesta por el gobierno es una mezcla que contenga un 10% de bioetanol para lo cual establece exenciones de impuestos. En relación al biodiesel, el proyecto se encuentra en la fase de estudios técnicos y de factibilidad económica por parte del gobierno (BioTop, 2009a).

**Guatemala:** Posee un marco regulatorio dado por la Ley DL-17-85 y el Reglamento AG 240-1985, los cuales regulan la producción, almacenamiento, manejo, uso, transporte y comercialización del alcohol carburante. También, establece condiciones de precios, impuestos, exoneraciones, sanciones y procedimientos. Además, se cuenta con la aprobación de mezclas sobre el 5% y la supresión de privilegios fiscales (BioTop, 2009a). La meta establecida por Guatemala corresponde a un 5% de bioetanol en las mezclas de combustibles.

**Honduras:** Busca promover el desarrollo de los biocombustibles con el fin de crear empleos, asegurar la oferta energética y reducir la contaminación ambiental. Las principales normativas que regulan a los biocombustibles corresponden a la Ley N° 144 que declara que la investigación, producción y uso de los biocombustibles son de interés nacional y que además presenta

todo el marco jurídico necesario para su producción, distribución, comercialización y uso (BioTop, 2009a). Asimismo, existen los Decretos N° 79 y 85 que regulan las actividades y declara de utilidad pública la utilización de fuentes renovables. Por último, el Reglamento Acuerdo N° 45 desarrolla normas y procedimientos de producción y consumo de los biocombustibles.

**México:** El marco normativo mexicano para la promoción de biocombustibles es muy reciente y está aún en desarrollo (Biotop, 2009). Viene principalmente dado por la Ley DOF 01-02-2008, que busca promocionar y desarrollar los bioenergéticos para ayudar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable. Asimismo, promueve la producción de insumos para los biocombustibles que provengan del sector agropecuario, del sector forestal, mediante algas, o procesos biotecnológicos y enzimáticos. Además, otorga incentivos como la exención del IVA.

**Nicaragua:** El país considera a los biocombustibles como de interés estratégico. La legislación sobre biocombustibles aún se encuentra en fase de desarrollo. El principal instrumento es el Decreto D-42-2006, el que declara que el interés por la producción de biocombustibles debe ser de nivel nacional y dispone que el Ministerio Agropecuario y Forestal desarrollen un Programa de Producción de Biocombustibles (BioTop, 2009a).

**Panamá:** El mercado de los biocombustibles en Panamá está reglamentado por la Ley 8-1987 y la Ley 30-2007, las que regulan y modifican, respectivamente, las actividades relacionadas a los hidrocarburos. En ellas se regulan las actividades de exploración y explotación de yacimientos de petróleo, asfalto, gas natural, etc., y declara que al Ministerio de Comercio e Industria como responsable de regular la importación, exportación, comercialización, refinación, transporte, almacenamiento y compraventa del petróleo y otros combustibles. Se propone que las mezclas con combustibles fósiles contengan un 10% de bioetanol.

**Paraguay:** Fue uno de los primeros países de ALC en comenzar a promocionar los biocombustibles (BioTop, 2009a). El marco regulatorio establece normativas para fomentar el desarrollo de los biocombustibles en base a proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL); reglamenta beneficios impositivos en la producción de biocombustibles; regula los puntos de mezcla; define políticas nacionales de integración de los biocombustibles y crea la institución encargada de regular al sector a través de la Unidad de Biocombustible del Ministerio de Industria y Comercio<sup>6</sup>. Entre los programas para el fomento de los biocombustibles se encuentra la Cámara Paraguaya del Biodiesel (BIOCAP); acuerdos de cooperación entre Paraguay y Brasil; proyectos con el Banco Interamericano del Desarrollo e inversiones en una planta de biodiesel en base a grasa animal y aceite. Las metas de Paraguay corresponden a un 1% de biodiesel en sus mezclas para el año 2007, un 3% para el 2008 y un 5% para el 2009. Para el bioetanol el porcentaje en la mezcla es de un 18%.

**Perú:** El país comenzó a promover el sector en el año 2003. El interés en los biocombustibles se enmarca en la búsqueda de un nuevo polo de desarrollo, creando empleos, atrayendo inversiones y buscando nuevos mercados de exportación. El marco regulatorio está normado por la Ley N° 28.054 de 2003 que establece el marco legal para la promoción del mercado de los biocombustibles con el objetivo de diversificar el mercado de los combustibles, fomentar el desarrollo agrícola y los sectores agroindustriales, reducir la polución y ofrecer un mercado alternativo para combatir las drogas (BioTop, 2009a). También se encuentra el Decreto DS-021-2007 que contiene la normativa de comercialización y distribución y el Reglamento DS-013-2005 que promueve las inversiones a la producción y comercialización.

En términos de porcentajes de biodiesel en las mezclas con combustibles fósiles se pretende llegar a un 2% en el 2009 y un 5% en el 2011, mientras que para el bioetanol el porcentaje corresponde a un 7,8%.

---

<sup>6</sup> Aquellas regulaciones vienen dadas por las Leyes 2.748, 3.009 y 3.163, el Decreto 10465, el Decreto Reglamentario 7.412, y las Resoluciones 234, 235 y 637.

**República Dominicana:** La política de los biocombustibles en República Dominicana está basada en iniciativas privadas como la principal fuerza de desarrollo de la producción. La normativa incluye la Ley N° 57, que establece el marco para incentivar la inversión y desarrollo de proyectos que aprovechan fuentes de energía renovable; la Ley N° 2.071 que establece que las gasolinas comercializadas en el país deben contener hasta un máximo de 40% de alcohol anhidro; y el Decreto N° 566-05 que establece los requisitos de importación, producción, almacenamiento, distribución, porcentajes de mezcla y expendio de biocombustibles. Entre los incentivos otorgados se encuentra la exención del 100% de los impuestos a los combustibles.

Actualmente República Dominicana posee un 5% de bioetanol en sus mezclas, y la meta propuesta pretende llegar a un 15% en el año 2015.

**Uruguay:** Las leyes vigentes para la regulación de los biocombustibles son la Ley N° 17.567 y la Ley N° 18.195, que promueven la producción de combustibles alternativos (sustitutos del petróleo) y de los biocombustibles, respectivamente. Éstas declaran de interés nacional la producción de este tipo de combustibles y establece incentivos para su producción. Entre ellos se encuentra la exoneración total o parcial de los tributos que gravan a los combustibles fósiles (BioTop, 2009a). También, existe un acuerdo multilateral con los países del Mercosur que busca contribuir al avance de la integración energética regional en producción, transporte, distribución y comercialización de bioenergéticos, estableciendo sus condiciones de transacción.

El mandato sobre el porcentaje de biocombustibles en las mezclas corresponder a un 2% de biodiesel entre los años 2008 y 2012, para luego aumentarlo a un 5%, mientras se busca una mezcla del 5% de bioetanol para el año 2014.

El cuadro IV.3 resume los principales instrumentos para promover el desarrollo de biocombustibles en los países de ALC.

**CUADRO IV.3**  
**RESUMEN DE LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS DE APOYO**  
**A LOS BIOCOMBUSTIBLES EN ALC**

País	Instrumento
Argentina	B5 y E5 (2010). Amortización acelerada; Devolución anticipada de IVA; Exención de la Tasa de infraestructura Hídrica. No aplica a exportaciones
Bolivia (Estado Plurinacional de)	B2.5 (2007), B10 (10 años plazo desde 2005). Exoneración Impuesto Específico; Exoneración del 50% del total de la carga impositiva
Brasil	B2 (actual), B5 (2013), B20 (2020) y E22-24 (actual). Exenciones tributarias diferenciadas; Sello "Combustible Social"; Exclusión del Impuesto a los Productos Industriales
Chile	B5 y E5 (no obligatorio). Exención Impuesto Específico a Combustibles; Financiamiento Consorcios de I+D
Colombia	B10 y E10 (2005), B20 (2012). Exención tributaria producción y uso final; Creación de zonas francas paraproducción de feedstocks; Créditos blandos a la inversión; Subsidios FFV
Costa Rica	B2-B5 y E7.5 (2009)
Ecuador	B10 y E5 (actual). Proyectos piloto; Fondo FEISEH para impulsar proyectos de inversión en hidrocarburos

(continúa)

Cuadro IV.3 (conclusión)

País	Instrumento
El Salvador	E10 (2005). Exenciones de impuestos
Guatemala	E5 (actual). Exención de impuestos y exoneración
Honduras	Desarrollo de normas y procedimientos de producción y consumo
México	Promueve producción de feedstocks (agropecuarios, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos); Exención del IVA
Nicaragua	Programa de Producción de Biocombustibles
Panamá	B10 (propuesto)
Paraguay	B1 (2007), B3 (2008), B5(2009), E18 (actual). Beneficios impositivos en la producción de biocombustibles; BIOCAP
País	Instrumento
Perú	B2 (2009), B5 (2011), E7,8 (actual). Promoción de inversiones a la producción y comercialización
Rep. Dominicana	E5 (actual), E15 (2015); Incentivos a I+D en proyectos de fuentes de energía renovable; Exención del 100% de los impuestos
Uruguay	B2 (2008-2012), B5 (posterior), E5 (2014). Exoneración total o parcial de impuestos a combustibles fósiles

Fuente: Elaboración propia, en base a BioTop, 2009.

Como puede verse, los países de ALC también se han embarcado en el desarrollo de una industria de biocombustibles con el fin de lograr diversos objetivos estratégicos. Si bien, en su gran mayoría buscan promover una mayor independencia energética y el desarrollo local a través de la creación de empleo rural y el fomento a la inversión, en algunos países también se añaden objetivos de reducción de la contaminación. Asimismo, en grandes países exportadores de *commodities* agrícolas como Brasil y Colombia, un objetivo adicional en la producción en biocombustibles es la materialización de oportunidades de exportación. En países como Bolivia y Colombia su desarrollo también se vincula al desincentivo a la producción de cultivos ilegales como la coca.

Lo anterior se ha reflejado en el desarrollo de importantes políticas e instrumentos para su consecución. Sin embargo, en su gran mayoría estos marcos de promoción son muy recientes y se encuentran más bien en fases de desarrollo. A excepción de Brasil, que posee una industria y marco legal plenamente consolidado (especialmente para bioetanol) y en menor medida Colombia y Argentina, en el resto de los países de ALC dichos marcos regulatorios están más bien en plena fase de desarrollo y realmente muy pocos países poseen una plena producción de biocombustibles. En Argentina, hoy un país de gran importancia en la exportación de biodiesel, este desarrollo exportador se debe más bien a sus ventajas comparativas en la producción de aceite de soya y no al establecimiento de un marco regulatorio que incentive el desarrollo de los biocombustibles con este fin (BioTop, 2009a).

Elementos esenciales de los marcos regulatorios incluyen mandatos con metas de penetración obligatorias combinados con una diversidad de incentivos tributarios que, en algunos casos, son complementados con proyectos pilotos, créditos blandos a la inversión e incluso incentivos a la adopción de vehículos FFV.

Por otro lado, también se identifican países con un enfoque más cauto. Países como Chile han optado por incluir a los biocombustibles dentro de la matriz del transporte a través de metas

voluntarias, dar exención tributaria a su uso y realizar una apuesta de largo plazo al desarrollo de biocombustibles de segunda generación. Más aún, países como Bolivia son más reticentes a su desarrollo debido a preocupaciones por su posible impacto sobre el mercado de los alimentos.

## D. Temas clave e implicancias para los países de América Latina y el Caribe

Del análisis anterior surgen los siguientes temas clave para los países de ALC.

### **Políticas gubernamentales juegan un rol clave en el desarrollo de la industria:**

El desarrollo de la industria global de los biocombustibles se debe a la existencia de políticas gubernamentales que promueven su desarrollo y no a fuerzas de mercado propiamente tal. La experiencia de los principales países productores y las proyecciones a futuro indican que estas políticas han jugado y seguirán teniendo un rol clave en el desarrollo de la industria. Actualmente, a excepción de Brasil donde la producción de bioetanol es competitiva frente a la gasolina en ausencia de subsidios directos, la viabilidad de la industria depende crucialmente de la existencia de estas políticas. Dichas políticas buscan satisfacer una diversidad de objetivos estratégicos como seguridad energética, mejoramiento de balanza de pagos, desarrollo rural, mejoramiento ambiental, e incluso, en el caso de los países de ALC, también proporcionar alternativas ante el desarrollo de cultivos prohibidos. En la gran mayoría de los países de ALC el desarrollo de estas políticas es muy reciente y entre sus principales características se incluyen una combinación de mandatos (mandatorios o indicativos), subsidios directos, exenciones tributarias y especificaciones técnicas que abarcan tanto a la producción de biomasa, la producción de biocombustibles, su uso final y comercio internacional.

**Establecer objetivos de política razonables acompañados por instrumentos coherentes y una capacidad de implementación adecuada:** El vertiginoso *boom* de los biocombustibles se ha reflejado en la rápida introducción de políticas para promover su desarrollo y que en algunos casos no han logrado impulsar a la industria en la forma deseada. En algunos casos, por ejemplo en EE.UU y la UE, éstas han resultado ser demasiado ambiciosas en relación a la capacidad real de incremento de la producción doméstica. En otros casos, surgen preocupaciones por sus posibles riesgos ambientales o impactos sobre el mercado de los alimentos, resultando en modificaciones en los mandatos de penetración. Los países de ALC tampoco han estado ajenos a esta tendencia. Por ejemplo, Perú si bien alienta el desarrollo de la industria para promover su sector rural a través de producción de biocombustibles local, dadas las limitaciones de producción internas para abastecer su mandato de B2 debió importar biodiesel con este fin. En el caso de Argentina, por ejemplo, si bien la legislación busca promover una industria orientada a satisfacer la demanda local involucrando pequeños productores a través de una diversidad de instrumentos, actualmente la totalidad de la producción del biodiesel se exporta (BioTop, 2009a). Asimismo, la existencia de políticas domésticas no coherentes o distorsionantes también pueden menoscabar el desarrollo de la industria. Ello ha sido demostrado por la experiencia de países en otras partes del mundo, por ejemplo, como es la existencia de impuestos a las ventas de alcohol en Pakistán y en la India (ver RafiKhan et al., 2007 y Gonsalves, 2006). Una pobre capacidad de implementación de políticas también puede derivar en la existencia de intereses creados por parte de la institución a cargo de dicha implementación, por ejemplo, cuando dicha responsabilidad ha recaído en los Ministerios de Hidrocarburos como se ha reportado en el caso de algunos países del Caribe y también en Pakistán.

**Las políticas fiscales son costosas y se cuestiona su costo-eficiencia:** Uno de los temas clave en discusión se refiere a los costos de las políticas de promoción de los biocombustibles y su costo-efectividad (ver OECD, 2008). Incluso Brasil, el país más eficiente en la producción de bioetanol aún mantiene una rebaja tributaria en favor del bioetanol respecto de la gasolina (Kojima y Johnson, 2005) y fija una mezcla obligatoria para el bioetanol (entre 20 y 25%). De hecho el Programa PROALCOOL requirió de importante apoyo fiscal en el pasado. Entre 1975 y

1987 si bien produjo ahorros por unos US\$ 10.400 millones, también sus costos fueron abultados y del orden de US\$ 9.000 millones (World Watch Institute, 2006). Más aún, ante una caída sostenida en el precio de los combustibles fósiles, alzas en el precio del azúcar, y una crisis económica nacional, el programa simplemente fue demasiado caro de financiar y colapsó hacia fines de los años ochenta. Las formas que pueden tomar estos costos son variadas. En muchos países, el principal objetivo tras promover los biocombustibles es disminuir el costo asociado a la importación de combustibles fósiles. Entre los costos asociados a dicha política se encuentran los impuestos que los gobiernos dejan de percibir sobre las importaciones de combustibles. En São Paulo, Brasil, estado que da cuenta de más de la mitad del consumo de bioetanol del país, los ingresos no percibidos por ese concepto en 2005 fueron del orden de US\$ 600 millones (Kojima y Johnson, 2005). En el Reino Unido, se estima que este ítem es de £ 90 millones para una penetración de mercado para los biocombustibles de 1% (Dufey, 2006). Más aún, en países exportadores de *commodities* agrícolas como son la mayoría de los países de ALC, el desvío de *feedstocks* al mercado doméstico para la producción de biocombustibles, y que antes se destinaban a la exportación, implica una reducción en sus ganancias de exportación. En el caso del mandato RFS de EE.UU, este actúa como un impuesto implícito cuyo costo es pagado por el consumidor final. Este va aumentando en la medida que el precio del combustible fósil al cual reemplaza va disminuyendo (Tyner, 2008). Con todo, el punto a destacar es que el costo de estas políticas es importante e implica un desafío no menor a enfrentar por los países de ALC, que en su calidad de países en desarrollo deben enfrentar una multitud de necesidades urgentes que compiten por los recursos en las arcas fiscales. Los gobiernos deben estar bien conscientes de los costos de estas políticas vis a vis los beneficios y objetivos estratégicos que se desean satisfacer. Estos costos y beneficios deben ser comparados con aquellos de propuestas alternativas para satisfacer ese mismo objetivo de política. Finalmente, se debe velar porque los beneficios de las políticas alcancen aquellos grupos objetivo que inicialmente se deseaba beneficiar (por ejemplo, pequeños agricultores, etc.).

**Costos/impactos en otros países del mundo:** Más allá de los respectivos costos económicos domésticos de estas políticas, también se ha alertado de los impactos y distorsiones que éstas pueden crear en otras partes del mundo (ver por ejemplo, Dufey, 2006). Por un lado, los mandatos de penetración de países consumidores importantes como los EE.UU y la UE, debido a que ellos se satisfacen parcialmente a través de importaciones de terceros países, implican cambios en el uso de tierras y producción en otras partes del mundo (ver por ejemplo Tyner, 2008). Estos cambios en uso de tierra y en las decisiones de producción conllevan a su vez a impactos ambientales y sociales diversos, los cuales también deben ser atendidos (ver capítulos V, VI y VII sobre vínculos ambientales, socio-económicos y seguridad alimentaria, respectivamente). Por otro lado, la existencia de subsidios, tarifas y normas técnicas también afectan los flujos de producción y comercio en terceros países y además constituyen costosas barreras al comercio, especialmente para aquellos países en desarrollo que pudiendo ser más eficientes en la producción poseen una menor capacidad financiera para apoyar su industria.



## V. Los biocombustibles y sus vínculos con el medio ambiente

Una de las principales motivaciones tras la promoción de los biocombustibles a nivel global es su supuesto mejor desempeño ambiental en relación a los combustibles fósiles a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, como este capítulo expone, los vínculos entre los biocombustibles y el medio ambiente son complejos y puede resultar una variada combinación de impactos positivos y negativos que se deben considerar.

Los principales vínculos entre los biocombustibles y el medio ambiente incluyen temas como el balance energético, impactos sobre emisiones globales y locales, impactos sobre la frontera agrícola y la biodiversidad, impactos sobre disponibilidad y calidad del agua e impactos sobre calidad del suelo. Todos ellos se abordan en este capítulo.

### A. Balance energético y rendimientos

El debate sobre el balance energético es probablemente uno de los primeros temas que surgió en el contexto del debate ambiental sobre los biocombustibles. Comenzó a mediados de la década de los años setenta cuando los biocombustibles comenzaron ser considerados como posibles sustitutos de la gasolina fósil en EE.UU. En particular, se enfocaban en la crítica de los primeros estudios realizados, principalmente enfocados en el bioetanol en base a maíz en los EE.UU, que entregaban resultados negativos del valor neto de la energía producida. A fines de los años ochenta, debido al interés de EE.UU. en reducir la polución y promover el uso de los biocombustibles, el tema de los balances energéticos volvió a tomar fuerza (Shapouri et al., 2002). Actualmente, aunque el enfoque está más bien asociado a las resultantes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (ver sección V.B), los balances de energía también son considerados.

En términos simples, el balance energético a partir de un análisis del ciclo de vida de los biocombustibles considera la cantidad de energía disponible en una unidad de biocombustible en comparación a la energía fósil necesaria para su producción<sup>7</sup>. Según Lobato et al., (2007), el ciclo de vida se divide en:

---

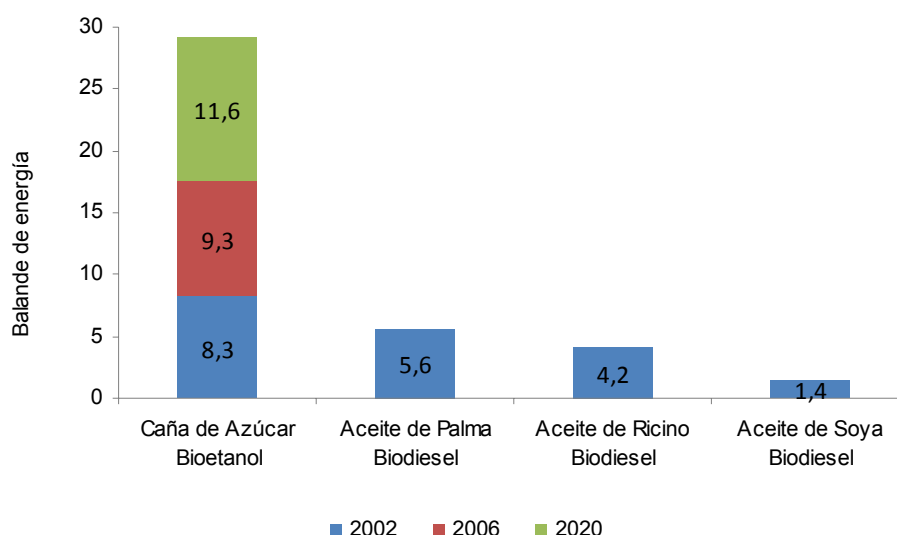
<sup>7</sup> Un enfoque alternativo se refiere a la eficiencia energética, la cual incluye también la energía de la cantidad de biomasa requerida (ver Worldwatch Institute, 2006).



- Energía utilizada en la producción del cultivo,
- Energía utilizada en la transformación en biocombustible,
- Energía obtenida de la combustión del biocombustible, y
- Energía obtenida de la utilización de co-productos

El gráfico V.1 presenta el balance energético de distintos *feedstocks* para el caso de Brasil para el año 2002 a partir de Macedo et al (2004). Se aprecia que este balance difiere en forma importante dependiendo del *feedstock* en cuestión. En el caso de bioetanol en base a caña de azúcar, su excelente resultado se explica no sólo por el aprovechamiento de aguas lluvia y procesos aún relativamente intensivos en mano de obra, sino que también por la utilización de bagazo como materia prima para producir energía, permitiendo así el uso de toda la biomasa disponible en el cultivo. Un estudio más reciente que actualiza el balance energético para el bioetanol de caña de azúcar para el año 2005/6 y lo proyecta para el 2020, arroja valores de 9,3 y 11,6, respectivamente (Macedo et al, 2008).

**GRÁFICO V.1**  
**BALANCE ENERGÉTICO BIOCMBUSTIBLES EN BRASIL**



Fuente: En base a Macedo et al., 2004 y Macedo et al., 2008.

Complementariamente, el cuadro V.1 presenta la producción de biomasa y el rendimiento energético de diversos cultivos para la generación de biocombustibles de primera y segunda generación.

Del cuadro se desprende que, a modo general, el rendimiento energético varía según la localización geográfica de las plantaciones —condiciones climáticas, tipo de suelo y disponibilidad de agua—, proceso productivo e intensidad en uso de combustibles fósiles, entre otras. Para los biocombustibles de primera generación los mejores balances se dan en cultivos localizados en climas tropicales; y los más bajos, para cultivos de zonas predominantemente templadas, ya que estos últimos son intensivos en el uso de combustibles fósiles debido a sus sistemas productivos mecanizados y alto uso de fertilizantes.

**CUADRO V.1**  
**RANGOS INDICATIVOS DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO ENERGÉTICO**  
**DE CULTIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN DISTINTOS**  
**SECTORES**

Materia prima	Producción de biomasa [odt/ha/yr]	Rendimiento energético [GJ/ha/yr]
Trigo	4-5	~50
Maíz	5-6	~60
Remolacha	9-10	~110
Soya	1-2	~20
Caña de azúcar	5-20	~180
Aceite de palma	10-15	~160
Jatropha	5-6	~60
Cultivo de ciclo corto (SRC) - Clima templado	10-15	~100-180
Cultivo de ciclo corto (SRC) - Clima tropical	15-30	~170-350
Buenas condiciones de pastos energéticos	10-20	~170-230
Tierras perennes marginales o degradadas	3-10	~30-120

Fuente: Faaij, 2008.

En cuanto a los biocombustibles de segunda generación, se aprecian rendimientos bastante superiores a los de primera generación, lo cual se explica en que hacen uso de la totalidad de la biomasa contenida en el cultivo, lo cual radica en su potencial de ser independientes de los altos insumos de energía fósil al utilizar co-productos para la cogeneración de energía (AIE, 2008a).

No obstante, se debe tener en consideración que frente a un mismo cultivo, los balances energéticos realizados pueden entregar distintos resultados, ya que los inputs y outputs considerados por cada autor son diferentes. Ello debido a diferencias en supuestos respecto de los procesos productivos, maquinaria utilizada, cantidad de combustible fósil consumido y mano de obra empleada, entre otros.

Finalmente, uno de los temas que se encuentra actualmente en debate se refiere a las bondades de utilizar la biomasa para quema directa y así producir bioelectricidad en lugar de procesarla para producir biocombustibles. En efecto, a pesar de que el rendimiento energético de cada cultivo sea considerable y que los balances presentados sean positivos, recientes estudios apuntan a que producir bioelectricidad directamente es más eficiente energéticamente que producir biocombustibles líquidos, y que, además, se generan menos emisiones de gases efecto invernadero (Campbell et al., 2009). Lo anterior ha generado una nueva discusión en torno al uso final que se le debe dar a los cultivos energéticos actualmente utilizados para la producción de biocombustibles líquidos.

## B. Emisiones de gases de efecto invernadero

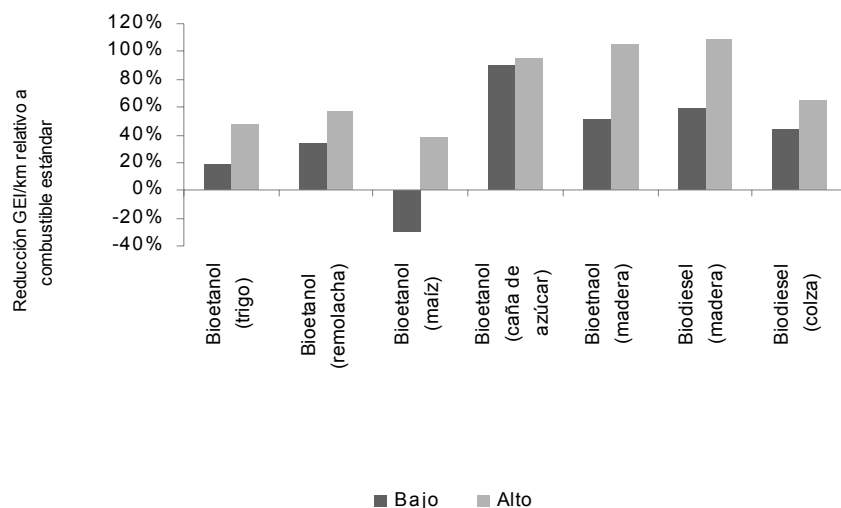
La problemática del cambio climático es considerada en la actualidad como uno de los desafíos clave que enfrenta el planeta (Stern, 2006). En este contexto, las reducciones de gases de efecto de invernadero (GEI) que se atribuyen a los biocombustibles respecto de aquellas de los combustibles fósiles son uno de los principales objetivos de política tras su promoción en muchos países. Existen dos formas en que los biocombustibles pueden reducir las emisiones de GEI. Primero, a través de su ciclo de vida, en que los biocombustibles (o, más bien, *feedstocks*) absorben CO<sub>2</sub>, por lo que la

liberación de CO<sub>2</sub> emitida durante su combustión no contribuye a nuevas emisiones de carbono ya que son parte del ciclo de carbono fijado (en contraste a los combustibles fósiles). Segundo, por el desplazamiento de uso de combustibles fósiles. No obstante, en muchos casos, la producción de biocombustibles involucra el consumo de combustibles fósiles.

Es importante notar que las variaciones en el ahorro de los GEI varían fuertemente según el tipo de *feedstock*, el método de cultivo, las tecnologías de conversión y los supuestos de eficiencia energética, además de las reducciones asociadas a los co-productos, por lo que las reducciones potenciales sólo se deben interpretar como indicativas. Así, como presenta el gráfico V.3, al comparar distintos tipos de biocombustibles, se muestra que el bioetanol de Brasil y los biocombustibles de segunda generación son aquellos que muestran las mayores reducciones de GEI —entre un 70% y un 100%— en relación a los combustibles fósiles. En el caso del bioetanol brasileño, más allá de las excepcionales condiciones naturales en términos de suelos de alta productividad y que la mayoría de la caña de azúcar se riega con aguas lluvias, un factor clave detrás del excelente desempeño en término de emisiones de GEI es que prácticamente la totalidad de la energía requerida por las plantas de procesamiento es provista por el uso del bagazo (restos de la caña de azúcar una vez extraído el jugo de caña), lo que significa que el requerimiento de combustibles fósiles es prácticamente cero y el surplus del bagazo se utiliza para la co-generación. A modo de ejemplo, durante el año 2003 Brasil evitó 5,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente gracias al uso del bagazo en el sector de caña de azúcar (Macedo, 2005). En cuanto a biocombustibles de segunda generación el mejor desempeño —con reducciones asociadas incluso por sobre el 100%— se debe a su capacidad de utilizar co-productos para la co-generación (AIE, 2008a).

Sin embargo, la experiencia de Brasil no es necesariamente replicable en otros contextos. Por ejemplo, en algunos países las ganancias en eficiencia y las asociadas reducciones de GEI a través de la co-generación no son una opción, ya que la venta de energía en la red eléctrica no está permitida para los productores (E4Tech et al, 2005).

**GRÁFICO V.2**  
**REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI PARA DIFERENTES TIPOS DE**  
**BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS**



Fuente: En base a E4tech et al, 2005.

Los biocombustibles producidos en base a *feedstocks* provenientes de zonas templadas muestran las menores reducciones de GEI, lo que se explica principalmente en el alto uso de

combustibles fósiles a través de procesos altamente mecanizados e intensivos en el uso de agroquímicos.

Por otro lado, es importante destacar que estos análisis se refieren a las emisiones directas de GEI, es decir, aquellas referidas al ciclo de vida de los biocombustibles y no a emisiones asociadas a cambios indirectos en el uso de tierra.

El tema de las emisiones de GEI asociadas a cambios en el uso de la tierra inducidos por la producción de biocombustibles ha surgido en el último par de años y es hoy fuente de gran preocupación. Por un lado, se distinguen los cambios directos vinculados al uso de tierras (LUC por su sigla en inglés) —aquellas GEI producidas cuando los *feedstocks* son cultivados en tierras antes dedicadas a otros fines. Y por el otro, los cambios indirectos en el uso de tierra (ILUC por su sigla en inglés)— los que se producen por desplazamiento, por ejemplo, a través de la sustitución de pastizales o cultivos que se hacen menos rentables frente a cultivos energéticos y que a su vez avanzan hacia otras áreas (por ejemplo, bosques).

Si los cambios en el uso de la tierra para la producción de biocombustibles lleva, directa o indirectamente, a la conversión de pastizales o bosques, las emisiones de GEI resultantes pueden ser severas y podrían tener un mayor impacto en el balance general de GEI (Smeets et al. 2006). En particular, las emisiones indirectas de GEI asociadas a cambios ILUC hasta hoy han sido escasamente estudiadas y son materia de debate internacional ya que de su cuantificación depende en definitiva el balance de GEI neto total de los biocombustibles, el cual podría ser positivo o negativo. En el caso de Brasil, por ejemplo, las emisiones indirectas de GEI de los biocombustibles se perfilan como las más importantes (Dufey et al., 2007b).

Por otro lado, debido a la novedad y complejidad del tema, existe una carencia de metodologías unificadas para medir y cuantificar las emisiones de GEI resultantes de cambios en el uso de la tierra, lo que se ha reflejado en un creciente interés de la comunidad internacional por desarrollar y aplicar metodologías comúnmente aceptadas. Dado que dichas metodologías aún se encuentran en desarrollo, involucrando modelos de distintos alcances (geográficos, sectoriales, etc.), que aún adolecen de numerosas complejidades (disponibilidad de datos confiables, integración de diferentes sectores y políticas, etc.) y con una alta varianza en los primeros resultados sería apresurado relevar resultados específicos. Más allá de las diferencias que existen dependiendo del tipo de *feedstock* y método de conversión elegido, existen otros parámetros y supuestos claves afectando los resultados, incluyendo la forma de asignación de co-productos, sistemas de referencia de energías fósiles, sistemas de referencia de uso de tierras y los cambios en el uso de tierras y en el stock de carbono resultantes, especificidades locales y las emisiones de NO<sub>2</sub> del cultivo de *feedstocks* (Hoefnagels et al 2010). Pese a ello, los primeros estudios coinciden en sugerir que el uso de cultivos energéticos perennes y el uso de tierras degradadas son una buena alternativa para minimizar las emisiones GEI resultantes por los cambios en el uso de tierras.

### **C. Cambios en el uso de tierra: impactos sobre la frontera agrícola y la biodiversidad**

Como deja entrever el punto anterior, una preocupación clave asociada al incremento en la producción de los biocombustibles es el impacto que esto pueda tener sobre el uso de suelo, la frontera agrícola y el consecuente impacto sobre la biodiversidad.

La producción de biocombustibles a gran escala podría exacerbar la ya intensa competencia por el uso de suelo que existe entre la agricultura, bosques y uso urbano. Por ejemplo, se estima que Brasil al año 2013 necesitaría incrementar sus cultivos de caña de azúcar en 3 millones de hectáreas (actualmente cuenta con unos 5,7 millones) para poder cumplir con la demanda interna y externa de bioetanol (Costa, 2006). De acuerdo al gobierno brasileño, existiría suficiente tierra agrícola no utilizada para satisfacer el incremento propuesto en la producción (disponen de más de 90 millones de

hectáreas agrícolas sin utilizar). Sin embargo, otros escenarios sugieren que el incremento en la producción de caña de azúcar en Brasil (o una expansión similar en otras regiones tropicales) podría, en efecto, incrementar esta presión (Dufey et al., 2007b). En Brasil, la mayor parte de la expansión asociada a la caña de azúcar en los últimos 30 años tuvo lugar en la zona del centro sur del país en reemplazo de otros cultivos. En efecto, entre 1992 y 2003, el 94% de la expansión ocurrió en áreas ya dedicadas a la agricultura o pastizales, y sólo una pequeña proporción de nuevas tierras agrícolas fueron añadidas (Macedo, 2005). Con frecuencia, el azúcar de caña reemplazaba la crianza de ganado u otras actividades agrícolas (por ejemplo, limoneros), las que a su vez se fueron desplazando a la región central donde las tierras son más baratas (Smeets et al, 2006). La zona de la sabana del Cerrado, de alta sensibilidad ambiental y que da cuenta del 25% del territorio nacional, tradicionalmente ha sido utilizada para criar ganado o plantar soya, y sólo una proporción muy pequeña para la plantación de caña de azúcar. Sin embargo, a partir de la nueva fase de expansión enfrentada por el sector, se espera que nuevas áreas sean convertidas a uso agrícola, incluyendo el Cerrado de Mato Grosso do Sul, Goiás, y Minas Gerais (Dufey et al., 2007a). Sin embargo, antes de sacar conclusiones se debe considerar que existen diversos elementos afectando la forma como las áreas dedicadas a cultivos responden a cambios en sus condiciones de demanda, los cuales deben ser bien entendidos. Por ejemplo, Almirall (2009) destaca que los cultivos de soya en Brasil responden en forma mucho más rápida a alzas en los precios que los de caña de azúcar, y que dicha diferencia es especialmente marcada para el caso de zonas de importancia ecológica.

La mayor preocupación proviene del efecto sustitución o de los cambios de uso indirecto de la tierra (ILUC). Ellos se refieren a la sustitución de pastizales o cultivos que se van haciendo menos rentables en relación a la caña de azúcar, y se van desplazando hacia tierras marginales o protegidas, con importantes impactos sobre la biodiversidad local. En Brasil, los impactos asociados a cambios indirectos en el uso de la tierra por cultivos de caña de azúcar se consideran más significativos que los directos (Dufey et al., 2007b). Si bien, la larga experiencia de Brasil en la producción de biocombustibles hace que sea el caso más documentado, en Ecuador, por ejemplo, también se han manifestado preocupaciones ante un posible desarrollo y expansión de la industria del biodiesel en base a aceite de palma a gran escala considerando que la industria de aceite de palma ha sido identificada entre las principales causas de deforestación en dicho país (Albán y Cárdenas, 2008). Por su parte, en Paraguay la creciente expansión de los cultivos de soya ha producido deforestaciones en el bosque atlántico, incrementando la cantidad de tierra utilizada por ese cultivo, el cual comprende un 29% de la tierra agrícola total (Altieri y Pengue, 2006).

Por otro lado, se debe tener presente que la producción de cultivos energéticos en donde se aplican prácticas agrícolas sustentables, también puede llevar a mejoras en la biodiversidad, especialmente cuando se reemplazan monocultivos intensivos (ver sección V.G sobre temas clave). Asimismo, algunos cultivos energéticos como árboles y pastizales requieren menores insumos y, en algunos casos, pueden crecer en tierras degradadas promoviendo así la restauración de las tierras. Estos cultivos tienen el potencial de extender la tierra disponible establecida para actividades agrícolas, además de crear nuevos mercados para los agricultores (De La Torre, 2005). Cultivos como la *jatropha* en su etapa de crecimiento puede almacenar humedad, estabilizar el suelo y desacelerar (si no es que revertir) la desertificación y dar paso a otros cultivos (Parsons, 2005).

## D. Emisiones locales

Los biocombustibles además de una potencial reducción de emisiones de GEI, poseen también el potencial de reducir las emisiones de sustancias tóxicas clave que son usualmente asociadas a los combustibles fósiles. Según estudios realizados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés), los motores que funcionan con biocombustibles tienden a generar menores emisiones particuladas y de CO, además de emisiones de sulfato. Sin embargo, mientras que el bioetanol también muestra reducciones en compuestos volátiles orgánicos de formación de la capa de ozono, posee mayores emisiones de etanol y acetaldehídos. El biodiesel, por

su parte, muestra mayores emisiones de óxido de nitrógeno, aunque las diferencias no son considerables (USEPA 2002a; USEPA 2002b).

En el cuadro V.2 se pueden observar las reducciones e incrementos de las emisiones producidas por los biocombustibles.

**CUADRO V.2**  
**IMPACTO SOBRE EMISIONES LOCALES DE LOS BIOCOMBUSTIBLES**

Bioetanol (E85)	Biodiesel (B20 y B100)	Fischer-tropsch
15% de reducción en compuestos orgánicos volátiles que forman la capa de ozono.	10% (B20) y 50% (B100) de reducción en emisiones de monóxido de carbono	Reducciones de óxido de nitrógeno debido a un mayor número de cetano, e incluso mayores reducciones con la adición de un catalizador
40% de reducción en monóxido de carbono	15% (B20) y 70% (B100) de reducción en emisiones particuladas	Pocas (o ninguna) emisiones particuladas debido a bajos contenidos de azufre y aromáticos
20% de reducción en emisiones particuladas	10% (B20) y 40% (B100) de reducción en emisiones de hidrocarburos totales	Reducciones esperadas de hidrocarburos y monóxido de carbono
10% de reducción en emisiones de óxido de nitrógeno	20% (B20) y 100% (B100) de reducción en emisiones de sulfato	
80% de reducción en emisiones de sulfato	2% (B20) y 9% (B100) en aumento de emisiones en óxidos de nitrógeno	
Menor reactividad de emisiones de hidrocarburos	No hay cambios en las emisiones de metano (para B20 o B100)	
Mayores emisiones de etanol y acetaldehído		

Fuente: USEPA, 2002a; USEPA 2002b; USEPA, 2002c.

Estimaciones basadas en las propiedades químicas limpias inherentes de los biocombustibles especificados, con motores que sacan el máximo partido de ellas.

Adicionalmente, se pueden dar reducciones en la contaminación intradomiciliaria cuando los biocombustibles sustituyen otras formas tradicionales de combustibles para generar calor, comúnmente utilizados en países en desarrollo como carbón, leña y parafina. Estos combustibles han sido identificados como los principales causantes de la muerte de mujeres y niños en países en vías de desarrollo (Woods and Read, 2005).

Por otro lado, la quema de plantaciones de caña de azúcar para facilitar la cosecha, práctica común en países en vías de desarrollo, ha sido vinculada a la contaminación de aire, emisiones de GEI y riesgos para la salud en ciudades como Sao Paulo, Brasil. La quema de la caña de azúcar emite varios gases, incluyendo CO, CH<sub>4</sub> ozono, compuestos orgánicos distintos del metano y material particulado que son potencialmente dañinos para la salud humana. Durante 1980 y 1990, se realizaron diversos estudios en Brasil para identificar los impactos de la quema de caña de azúcar sobre la salud humana. Mientras que el estudio conducido por Macedo (2005) argumenta que no existe una vinculación directa, muchos otros encuentran vínculos significativos con los problemas de salud de la personas (Smeets et al, 2006).

Legislación implementada en Sao Paulo para una eliminación gradual de la quema de caña de azúcar contiene un procedimiento detallado en el cómo, dónde y cuándo la quema de caña de azúcar está permitida. Además, requiere un reporte de los productores de caña en donde deben especificar una agenda para la reducción de las quemas. La quema de caña está programada para desaparecer completamente en el año 2031. Uno de los grandes desafíos que el país deberá abordar para una implementación efectiva de la legislación es el desempleo rural resultante. La eliminación de las

quemar implica una mayor mecanización y por lo tanto una reducción de empleos en el sector, especialmente de los trabajadores menos capacitados (ver capítulo VI). Junto con esto, existe una necesidad urgente de expandir la cobertura de la legislación para incluir otras áreas geográficas, ya que en la actualidad incentiva a las compañías a trasladarse a los estados en donde la quema de caña de azúcar aún está permitida.

Finalmente, el uso de quemar indiscriminadas para limpiar bosques y así poder plantar palma aceitera a gran escala ha sido una práctica usual en países asiáticos como Indonesia y Malasia, y que se ha asociado a períodos de considerables incrementos en la contaminación, ya sea tanto a nivel local como global. No obstante no se ha reportado que esto sea una práctica en los cultivos de palma aceitera en los países de la región.

## E. Disponibilidad y calidad del agua

Actualmente, cerca del 2% de la irrigación de agua es utilizada para la producción de biocombustibles (Dufey et al., 2007a). El uso de agua es de vital importancia, tanto durante el período de cultivo de los *feedstocks* como para el procesamiento de los biocombustibles. Así, la disponibilidad de agua, si bien ha sido un tema poco relevado en la problemática ambiental de los biocombustibles, hoy surge como un factor cada vez más limitante para su producción.

A nivel del cultivo de *feedstocks*, los requerimientos de agua difieren dependiendo del tipo utilizado. Así, tal como presenta el cuadro V.3, la caña de azúcar requiere de grandes cantidades de agua, un recurso que también es necesario a la hora de procesarla. Aún en Brasil, si bien gran parte de la caña de azúcar se irriga por medio de aguas lluvias, el riego es cada vez más importante. En particular, la caña energética, especialmente acondicionada para la producción de energía, necesita más agua y más fertilizante que la caña de azúcar convencional (Cloin, 2007).

Por otro lado, existen *feedstocks* que requieren menores niveles de agua, tales como el sorgo dulce y la *jatropha*, lo que los hace aptos para cultivos de zonas áridas y semi-áridas. No obstante, es importante destacar que incluso estos cultivos requieren algún nivel de riego, y a mayor nivel de irrigación se obtienen mejores rendimientos (Dufey et al, 2007a).

**CUADRO V.3**  
**REQUERIMIENTO DE AGUA LLUVIA DE LOS PRINCIPALES FEEDSTOCKS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES**

Biocombustible	Cultivo	Requerimiento de lluvia (mm/año)
Biodiesel	Aceite de palma	2 000
	Raps	500
	Jatropha	500 <sup>a</sup>
	Girasol	600 – 1 000
	Aceite de ricino	400 <sup>a</sup>
	Soya	450-700
Bioetanol	Caña de azúcar	1 500 – 2 500
	Maíz	500 - 800
	Sorgo dulce	450 - 650
	Mandioca	600

Fuente: Dufey et al., 2007a.

<sup>a</sup> Puede sobrevivir a 250 mm. al año, pero no produce semillas.

Más allá de los impactos que la irrigación tiene sobre la disponibilidad de agua para otros usos y posibles daños en los ecosistemas de los cuerpos de agua, la irrigación también puede resultar en pérdidas de suelo y percolado de los residuos agroquímicos.

En cuanto a la etapa de producción y conversión del biocombustible, los requerimientos de agua surgen como un tema importante. Por ejemplo, la producción de bioetanol es altamente intensiva en el uso de agua, la cual se requiere tanto para el procesamiento del bioetanol como para el proceso de enfriado. Del procesamiento del bioetanol resultan grandes volúmenes de aguas residuales, las cuales son altamente ricas en nutrientes, y cuya disposición, sin previo tratamiento o reciclado, se ha asociado con eutroficación, muerte de peces y alteraciones de los ecosistemas. En particular, en el caso del bioetanol en base a caña de azúcar en Brasil, entre los efluentes asociados se incluyen aquellos resultantes del sistema condensador de vacío, el lavado de la caña, el enfriado del agua, evaporación, vinaza y del lavado de equipos (Moreira, 2007). Mucho se ha documentado respecto de los impactos de la vinaza, un residuo negro de la destilación del jarabe de caña que es fermentado para extraer bioetanol, y que es por lejos el efluente de mayor importancia en términos de potencial de daño ambiental (ibid). El volumen producido es de, aproximadamente, 11 a 14 litros por cada litro de bioetanol (Rodrigues y Ortiz, 2006). La vinaza es caliente y, por lo tanto, requiere enfriarse. En las zonas montañosas del noreste de Brasil debido a que el costo de bombeo y el costo de las tierras para almacenar vinaza eran prohibitivos, simplemente se vertía a los ríos causando contaminación (y muerte de peces) durante cada cosecha. Sin embargo, actualmente la vinaza se utiliza en la fertirrigación de los cultivos de caña, junto con aguas residuales (de lavado de suelo, depuración de circuito cerrado y residuos condensados) (Smeets et al, 2006). Por ejemplo, Moreira (2007) establece que la aplicación de vinaza en comparación al uso de fertilizantes minerales produce un rendimiento adicional de 73 ton/ha en seis años, equivalente a una cosecha adicional.

No obstante, es importante notar que el uso de la vinaza como fertilizante ha sido una fuente importante de degradación ambiental (uso de agua y contaminación) en Brasil ya que mal aplicada puede ser una fuente importante de aguas percoladas e infiltradas (Moreira, 2007). Si bien recientemente se ha implementado una ley para evitar los impactos negativos de la aplicación de la vinaza, al expandirse la producción de bioetanol el tema puede demandar una mayor atención debido a que la ley no exige un balance completo de nutrientes (Dufey et al, 2007b). Además la implementación y fiscalización de la ley es considerada débil (Smeets et al, 2006). Por ello resultará crucial monitorear de cerca los impactos ambientales del uso de vinaza.

En el caso del procesamiento del biodiesel, el principal uso de agua proviene del lavado de las plantas y semillas, posteriormente para remover la glicerina y finalmente en su uso como catalizador de los aceites. Por ejemplo, se estima que un sistema típico de trituración de soya en EE.UU. requiere un poco más de 19 kilos de agua por cada tonelada de aceite producido. Por cada tonelada de soya que entra a un proceso de refinación, 170 kilos salen como aceite de soya desgomado y crudo, 760 kilos salen como harina de soya y los restantes 70 kilos son residuos aéreos, sólidos (restos no peligrosos de porotos) y líquidos (Worldwatch Institute, 2006).

## F. Calidad del suelo

La producción de biocombustibles está comúnmente asociada a una agricultura intensiva a gran escala. Al convertir tierras naturales a la producción de *feedstocks* anuales en forma intensiva, el contenido de materia orgánica del suelo va disminuyendo en el tiempo. El uso de agroquímicos reduce la biodiversidad del suelo. El uso de fertilizantes en base a nitrógeno también conlleva a la acidificación de los suelos y aguas superficiales.

La agricultura intensiva también causa erosión del suelo, lo cual es un problema importante en zonas con períodos largos de sequía seguidos por lluvias fuertes, pendientes inclinadas y suelos inestables. La erosión es causa de pérdida de sustancias orgánicas del suelo, con la resultante pérdida de nutrientes que puede llevar a la eutroficación de las aguas superficiales cercanas.



Los impactos sobre el suelo durante el proceso de cosecha dependen tanto de la intensidad de la actividad como de la duración de los períodos de rotación de los cultivos. Los métodos de cosecha intensivos pueden compactar el suelo, destruyendo nutrientes y materia orgánica, afectando también la capacidad del suelo para retener la humedad. Los períodos de rotación cortos reducen la fertilidad del suelo.

En algunos suelos, la remoción de los residuos agrícolas puede reducir la calidad del suelo incrementando las emisiones de GEI debido a pérdidas del carbono del suelo y promoviendo la erosión. Esto puede ser un tema especialmente relevante en el caso de biocombustibles más avanzados producidos a partir de residuos agrícolas. El monto de desechos que puede ser recolectado de forma sustentable varía de acuerdo al tipo de cultivo (Worldwatch Institute, 2006).

La caña de azúcar en Brasil es reconocida por provocar un impacto limitado en la erosión del suelo en comparación a otros cultivos. Mientras que el promedio de pérdida de suelos por cultivos en Brasil es de 24,5 toneladas por hectárea al año, la caña de azúcar tiene una tasa de 12,4 toneladas por hectárea por año, y lo que es más, una evaluación realizada en la región de Sao Paulo hace más de 11 años, mostró que la producción de caña de azúcar no había afectado significativamente la composición gruesa o físico-química del suelo en esa área (Donzelli, 2005). Esta mejora técnica ha permitido que la cosecha se realice sin quemas en algunas áreas. Esta técnica, también, deja considerables restos de residuos (materia orgánica) en el suelo, lo que reduce la necesidad de realizar prácticas de preparación de las tierras durante la replantación del sector de caña. Se espera que en el futuro aumente el uso de esta técnica (Dufey et al., 2007b).

La producción de soya, por su parte, se asociada a la erosión de suelos, especialmente en zonas donde no se implementa la rotación de cultivos (Altieri y Bravo, 2007). Las variedades de soya resistentes a los herbicidas han permitido su producción en terrenos frágiles y más propensos a la erosión (Clay, 2004). En la Cuenca del Amazonas el monocultivo de soya es el principal responsable de la infertilidad de los suelos (Altieri y Bravo, 2007) y también se vincula con la concentración de nitrógeno y fósforo en las cuencas de los ríos de América Latina (Pengue, 2005). En el caso de Argentina, por ejemplo, el cultivo intensivo de soya ha contribuido al agotamiento de nutrientes del suelo, generando la pérdida de nitrógeno y fósforo, y cuya recomposición con fertilizantes costaría unos US\$ 910 millones (Altieri y Bravo, 2007).

Por otro lado, cuando los cultivos anuales intensivos son reemplazados por cultivos energéticos perennes, como árboles o pastizales nativos, se puede mejorar la calidad del suelo, incrementando la cubierta, reduciendo la erosión, la disrupción, incrementando los niveles de materia orgánica y carbono, y mejorando la biodiversidad. Esta ventaja se torna especialmente relevante cuando existe una disminución en el uso de agroquímicos y los cultivos proveen cobertura durante todo el año (Worldwatch Institute, 2006).

Finalmente, árboles oleaginosos como la jatropha, cuyo uso con fines energéticos comienzan a ser experimentados en países de América Latina, o bien la pongamia, árbol comúnmente usado en Asia (especialmente India), presentan menores requerimientos de inputs y de aguas, y pueden promover a la recuperación del suelo. Asimismo, la palma aceitera, que también ha comenzado a ser utilizada en los países latinoamericanos con fines energéticos, igualmente puede ayudar a proteger el suelo de la erosión, estableciendo rápidamente una cobertura y simulando a los bosque tropicales (Kaltner et al., 2005).

## G. Temas clave que surgen para los países de América Latina y el Caribe

Del análisis anterior surgen los siguientes temas clave para los países de ALC.

**Los impactos ambientales de la producción de biocombustibles pueden ser significativos y variados:** Los impactos ambientales asociados a los biocombustibles varían significativamente dependiendo del tipo de *feedstock*, método de cultivo y zona geográfica en cuestión. A nivel general, probablemente el impacto ambiental agregado más significativo proviene de la fase de producción del cultivo energético, donde se relevan como los impactos de mayor cuidado los resultantes de cambios en el uso de la tierra, tanto en términos de emisiones de GEI como la expansión de la frontera agrícola y sus potenciales efectos sobre ecosistemas sensibles, así como la disponibilidad de agua en algunos contextos. Los posibles avances en la frontera agrícola producto de la producción de biocombustibles surgen como un tema especialmente sensible considerando que la región de América Latina y el Caribe dispone de abundantes recursos forestales, representando el 22% de la superficie boscosa mundial, y nueve países de América Latina están incluidos dentro de la lista total de diecisiete países mega-diversos de Naciones Unidas: no menos de 10 países tienen, por lo menos, 1.000 especies de árboles cada uno. Por otro lado, la región también presenta uno de los más altos niveles de deforestación considerando que entre 1990 y 2005 se perdieron alrededor de 64 millones de hectáreas de bosques. Durante el período 2000-2005 esta zona registró más de una tercera parte de la deforestación mundial (FAO, 2009). Los datos revelan que la situación de los bosques nativos a nivel mundial y sobre todo en América Latina es crítica. Salvo Chile, Uruguay y Costa Rica prácticamente todos los países de la región muestran pérdidas de superficie forestal (FAO 2009). Luego, los países de LAC deben realizar un cuidadoso análisis de los posibles impactos ambientales asociados a la producción de biocombustibles antes de embarcarse en su producción de gran escala, e identificar, como el siguiente punto sugiere, las opciones de mitigación disponibles para abordarlos.

**Impactos ambientales pueden ser mitigados con técnicas adecuadas:** Las buenas noticias son que la mayoría de los impactos ambientales de los biocombustibles pueden ser manejados, especialmente aquellos que se dan a nivel de la unidad de cultivo, ya que dependen fuertemente de las prácticas y técnicas de producción aplicadas. No obstante la lista de temas y opciones a considerar es larga. A modo general se puede decir que:

- *Uso de suelo:* La tierra surge como un insumo crítico para la producción de biocombustibles. Reconociendo que la mayoría de los países de LAC considera producciones de biocombustibles a gran escala, es poco probable que dicha producción vaya a ser lograda sólo mediante mayores niveles de eficiencia y rendimientos, por lo que se espera se añadan nuevas tierras para estos fines. Luego, los países deben realizar estudios exhaustivos sobre las tierras disponibles para ser destinadas a la producción de biocombustibles. Como herramientas útiles en ese sentido surgen el mapeo e identificación de áreas silvestres, áreas agrícolas aptas para la producción de biocombustibles, zonas de conservación de alto valor ecológico y tierras marginales, poniendo especial énfasis en áreas susceptibles a cambios indirectos en uso de tierras. La definición de líneas de base adecuadas (incluyendo datos e imágenes satelitales) surge como necesaria para evaluar la sustentabilidad de los biocombustibles en LAC (BioTop, 2008). Esta no es una tarea fácil y se deben tener algunos puntos importantes en consideración. En general, los países a nivel global se han enfocado en la identificación de tierras para una futura expansión a gran escala de biocombustibles en base a términos como tierras “inutilizadas”, “marginadas” o “degradadas”. Sin embargo, en algunos casos éstas definiciones no se condicen con un análisis exhaustivo de los valiosos servicios culturales o ambientales asociados a esas tierras (Dufey et al., 2007a; Cotula et al., 2008). Para el caso de Brasil, por ejemplo, Dufey et al., (2007b) ponen de manifiesto la falta de acuerdo entre distintos *stakeholders* respecto de lo apto de las tierras disponibles identificadas para la nueva fase de expansión del bioetanol. En algunos casos, estas

definiciones no consideran que algunos usos actuales de las tierras proveen servicios fundamentales para sus habitantes (por ejemplo, recolección de productores silvestres para la subsistencia u otros servicios ambientales como corredores naturales, mantención de la calidad del agua o la fertilidad del suelo). Adicionalmente, los biocombustibles pueden llevar a un desplazamiento de otras actividades económicas o usos de suelo, cuyas implicancias algunas veces no son bien estudiadas o entendidas, como es el efecto sustitución. Con todo, se deben realizar evaluaciones de potencial comprensivas de forma de obtener resultados de costos y rendimientos reales (BioTop, 2008) así como sus impactos ambientales reales.

- *Selección adecuada de cultivos energéticos:* Se debe realizar una adecuada selección de cultivos energéticos dependiendo de las condiciones biofísicas de la región geográfica, donde, por ejemplo, la disponibilidad de aguas surge como un factor crítico. Asimismo, especificaciones técnicas tales como la selección de la tecnología de biocombustible o las técnicas agrícolas a utilizar tanto para reducir costos como incrementar rendimientos son importantes. Un punto de partida podría ser enfocarse en rutas sectoriales o industriales ya existentes (Dufey et al, 2007a). Por ejemplo, numerosos países de LAC ya poseen industrias de azúcar de caña, soya o aceite de palma. Efectivamente, más allá de Brasil, países como Colombia y Argentina así lo han hecho. No obstante, se debe tener en consideración que cada opción tecnológica involucra distintos costos y riesgos ambientales, así como posibles *trade-offs* con objetivos sociales o de seguridad alimentaria, lo cuales se deben identificar, analizar y sopesar cuidadosamente (ver capítulo VII).
- *Emisiones de gases de efecto invernadero:* Para aquellas emisiones de GEI resultantes del ciclo de vida de los biocombustibles, las reducciones asociadas respecto a los combustibles fósiles se pueden mejorar haciendo uso de co-generación, o bien utilizando el mismo biocombustible producido en las maquinarias agrícolas utilizada en lugar de combustibles fósiles, y a través de la eliminación de prácticas de quema pre-cosecha. En cuanto a las emisiones de GEI resultantes por los cambios en uso de la tierra, especialmente los de tipo indirecto, constituyen un tema bastante más complejo, inexplorado y difícil de manejar. Parte de las recomendaciones y puntos clave identificados en el párrafo de uso de suelo son relevantes aquí. No obstante, la falta de información y herramientas para medir las emisiones indirectas surgen como temas críticos. Por ello, hoy se encuentran en desarrollo diversas metodologías para contabilizar los impactos de los cambios del uso de suelo en las emisiones de GEI. Sin embargo, se requiere de mayor investigación en el desarrollo de dichas metodologías y en la armonización de los distintos enfoques. Asimismo, el desarrollo de un mapa del carbono contenido en el suelo en los países de LAC que permita el cálculo de las emisiones de GEI asociadas a cambios en uso de la tierra es una herramienta que podría contribuir a mejorar la base de datos (BioTop, 2008)
- *Emisiones locales:* Los biocombustibles poseen el potencial de reducir las emisiones de sustancias tóxicas clave que son usualmente asociadas a los combustibles fósiles tanto en su uso en el sector transporte como a nivel intradomiciliario. Por otro lado, la quema de cultivos pre-cosecha en la caña de azúcar ha sido una fuente de contaminación importante, la que no obstante ha ido disminuyendo por medio de la introducción de legislación y mecanización. Con todo estos son impactos que deben ser mayormente estudiados a nivel de cada país y localidad.
- *Calidad del suelo:* En términos de los impactos sobre la calidad del suelo, estos pueden ser manejados utilizando técnicas de inter-cultivos, rotación, plantas que fijan el nitrógeno, corredores de biodiversidad, o dejando tierras en descanso o conservación, y mediante el uso de fertilizantes orgánicos. En el caso de tierras degradadas, existen oportunidades de mejoras a través del uso de cultivos perennes como la jatropha, que

poseen el potencial de regenerar el potencial agrícola. En el caso de biocombustibles producidos a partir de residuos agrícolas, forestales o aceites reciclados, los impactos se pueden ver reducidos o eliminados. No obstante, se debe tener presente que la excesiva remoción de residuos agrícolas (por ejemplo, para ser convertidos a biocombustibles) puede conllevar a una degradación del suelo.

- *Disponibilidad y calidad del agua:* En cuanto al uso y calidad del agua, tal como la experiencia de Brasil sugiere, la mayoría de los problemas ambientales son posibles de manejar. Más allá de una elección adecuada de cultivos, ello se puede hacer a través de un uso eficiente del agua, reciclándola como fertilizante y manejando los posibles impactos ambientales resultantes. No obstante, se debe enfatizar que la falta de agua en algunos casos será, en efecto, una limitante para la producción de biocombustibles. Asimismo, se debe ser cuidadoso de no estar desviando agua de otros usos como consumo humano, industrial o desde la producción agrícola con fines alimentarios.
- *Existen herramientas para la toma de decisiones estratégicas sobre biocombustibles:* Se debe señalar que actualmente se encuentran disponibles, o en base de diseño, diversas herramientas para ayudar a los gobiernos a tomar decisiones en torno a una producción sostenible de biocombustibles de manera estratégica de forma de minimizar los impactos en el medio ambiente. Uno de los primeros esfuerzos en ese sentido es el árbol de decisión desarrollado por el IIED (ver Dufey et al., 2007a). Otro ejemplo de herramienta, si bien aún en desarrollo, corresponde al “*Sustainable Bioenergy: Planning Strategically and Managing Risks in Investment Choices*” del UN Energy Renewable Energy Cluster.

**Reforzamiento de la institucionalidad y cumplimiento de las leyes:** La mayoría de los países de LAC cuentan hoy con marcos normativos para mitigar los impactos ambientales de proyectos productivos en términos de existencia de Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental, leyes de ordenamiento territorial (por ejemplo, establecimiento de áreas protegidas), prohibición de quemas agrícolas, etc. Sin embargo, el problema más bien pasa, por un lado, por la capacidad de estos instrumentos para lidiar adecuadamente con los impactos cuando se trata de proyectos a gran escala así y como de contar con la capacidad institucional efectiva para la implementación de las leyes ambientales y de las actividades de control y monitoreo. Ello en la práctica significa que a pesar de contar con leyes e instrumentos, estas muchas veces no son adecuados a la envergadura de los proyectos o bien no se aplican o no se cumplen. Dada la complejidad de temas involucrados y la novedad de la temática de los biocombustibles un desafío importante que surge entonces para los países de LAC es el reforzamiento de la institucionalidad ambiental tanto en su diseño, implementación como monitoreo.

**Existe una variedad de iniciativas para certificar la sustentabilidad de los biocombustibles:** La discusión sobre los impactos ambientales de los biocombustibles y sobre la sustentabilidad en general se ha reflejado en el desarrollo de diversas iniciativas de certificación. Algunas de ellas son lideradas por gobiernos de países de la Unión Europea (Alemania, Holanda y el Reino Unido) o a nivel de la misma Unión Europea, otras por Universidades (Round Table on Sustainable Biofuels (RSB) liderada por l'École Polytechnique Federale de Lausanne de Suiza). Asimismo, se identifica una iniciativa liderada por un organismo intergubernamental (The Global Bioenergy Partnership (GBEP)) y, también, una iniciativa desarrollada por una institución financiera multilateral (el “Scorecard” del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)). El foco de estas iniciativas es el desarrollo de indicadores sobre aspectos ambientales y sociales “tradicionales” asociados a la producción de cultivos energéticos que incluyen la emisión de GEI del ciclo de vida de los biocombustibles, pero no aquellas emisiones derivadas de cambios en el uso de suelo. Estas también se expanden a temas de seguridad alimentaria. Es importante notar que a nivel de *feedstocks* específicos estas iniciativas se suman a las iniciativas que ya existen para determinadas *commodities*

agrícolas como la Roundtable on Sustainable Soya, la Roundtable on Sustainable Palm Oil o bien la Better Sugar Initiative.

**Proliferación de estándares de sustentabilidad y poca participación de los países productores en su discusión:** Si bien la necesidad de estándares de sustentabilidad es necesaria para el desarrollo sostenible de la industria, cuando existe una proliferación de estándares, desarrollados con poca participación de los países productores —con la consecuente falta de inclusión adecuada de las prioridades ambientales y sociales de los países productores— y sin el reconocimiento mutuo entre distintas iniciativas, existe el riesgo de que se conviertan en barreras importantes al comercio. Más aún, la experiencia existente con esquemas de certificación en el sector forestal y agrícola indica que los complejos procedimientos y altos costos usualmente asociados a los sistemas de certificación tienen efectos regresivos afectando más fuertemente a los productores más pobres de los países en desarrollo. Con todo, la presencia de estándares de sustentabilidad será cada vez más importante en la industria. Aquellos países que deseen beneficiarse del comercio internacional de los biocombustibles deberán prepararse e invertir en el desarrollo de sistemas de certificación creíbles que satisfagan los requerimientos de los países importadores.

**Potenciales trade-offs entre objetivos ambientales, sociales o de seguridad alimentaria:** La experiencia indica que en algunos casos se pueden generar *trade-offs* importantes en el logro de los diversos objetivos de política tras la promoción de los biocombustibles. Por ejemplo, la prohibición de la práctica de quemar pre-cosecha para las plantaciones de bioetanol en base a caña de azúcar en Brasil, se ha reflejado en una creciente mecanización en la fase de la cosecha, lo que ha generado efectos negativos sobre el empleo del sector (ver capítulo VI acerca vínculos socio-económicos). Asimismo, el uso de tierras degradadas o marginales puede afectar el funcionamiento de ecosistemas sensibles o bien despojar a personas de sus medios de vida tradicionales. La producción de biocombustibles ha sido acompañada por una creciente preocupación sobre los posibles impactos sobre seguridad alimentaria, aunque como la sección VII argumenta, esta relación no es siempre necesariamente negativa. La gran implicancia de esto es que los gobiernos deben realizar un exhaustivo análisis de todos los posibles impactos, tanto ambientales como sociales, y sobre la seguridad alimentaria asociada a la producción de los biocombustibles, identificando la existencia de potenciales *trade-offs* antes de embarcarse en su producción.

**Necesidad de generar información para los países de América Latina y el Caribe:** Se detecta una fuerte necesidad de generar información de base y documentar las primeras experiencias respecto de los impactos ambientales asociados a la producción de biocombustibles en América Latina. Actualmente, prácticamente toda la experiencia documentada disponible proviene del caso del bioetanol en base a caña de azúcar en Brasil. No obstante, los impactos ambientales difieren fuertemente dependiendo del tipo de *feedstock*, prácticas agrícolas y especificidades de la zona geográfica en cuestión, por lo que surge la necesidad de ir avanzando en generar información sobre las primeras experiencias que se van dando en otros países y/o con otros cultivos energéticos.

## VI. Los biocombustibles y sus vínculos socio-económicos

Como se identifica a partir de la mayoría de las estrategias para el desarrollo de biocombustibles, un objetivo fundamental de los gobiernos para incentivar su producción es mejorar al balanza de pagos a la vez que se promueve el desarrollo y empleo rural, mejorando las condiciones de los pequeños agricultores y sus medios de vida. Si bien existe un potencial importante para materializar dichos objetivos, también existen riesgos e importantes *trade-offs* que los gobiernos deben considerar. En lo siguiente se identifican los principales vínculos entre el desarrollo de biocombustibles y los aspectos socio-económicos, ya sean positivos o negativos, para finalizar con una identificación de temas clave que los países de América Latina y el Caribe deben considerar.

### A. Mejoras en la balanza de pagos

La fuerte dependencia en importaciones de combustibles fósiles ha llevado a que muchos países gasten parte importante de sus reservas en moneda extranjera en importaciones de combustibles fósiles. Este es un tema de especial relevancia en los países en vías de desarrollo, ya que limita su disponibilidad de recursos para enfrentar otras necesidades de desarrollo. Numerosos países de LAC son importadores netos de energía. Por ejemplo Chile, importa cerca del 72% de sus necesidades energéticas (Dufey, 2010) y En Costa Rica las importaciones de petróleo alcanzaron un 5,6% del PIB durante el año 2007 (Murillo, 2007). Incluso Ecuador, que pese a ser un país exportador de crudo, es un importador neto de diesel, abasteciendo entre un 40% a un 45% de la demanda local con importaciones, aproximadamente 10 millones de barriles en el año 2006 (Sepeda, 2006).

Así, la producción doméstica de biocombustibles surge como una opción relevante, que permite el reemplazo de importaciones de combustibles fósiles mejorando la balanza de pagos. En Brasil, por ejemplo, el reemplazo de importaciones de petróleo por bioetanol en base a caña de azúcar ha generado ahorros del orden de US\$ 61.000 millones en un período de ocho años (FAO, 2007). En Colombia, la implementación de un programa de bioetanol significaría un ahorro de US\$ 150 millones anuales por las importaciones (Echeverri-Campusano, 2002).

Asimismo, en países donde existen subsidios al consumo de combustibles fósiles se podrían generar ahorros adicionales. En Ecuador, por ejemplo, el gobierno gasta un tercio del presupuesto fiscal anual en subsidios para los combustibles fósiles (Albán y Cárdenas, 2008).

Por otro lado, se debe reconocer que, como se releva en el capítulo IV, también existen algunos costos que considerar. Primero, están los impuestos sobre las importaciones de combustibles que los gobiernos dejan de percibir. Por ejemplo, en Brasil, los ingresos no percibidos en el estado de Sao Paulo, que da cuenta de más de la mitad del consumo de bioetanol del país, fueron del orden de US\$ 600 millones en 2005 (Kojima y Johnson, 2005). Segundo, en países exportadores de *commodities* agrícolas, como son la mayoría de los países de ALC, el desvío de *feedstocks* al mercado doméstico para la producción de biocombustibles y que antes se destinaban a la exportación tiene como contraparte una reducción en sus ganancias de divisas por exportación. Asimismo, se debe considerar que, en general, la producción de biocombustibles también es subsidiada, costo que se debe incluir. Finalmente, el fomento de consumo de producción local incentiva la introducción de medidas proteccionistas en contra de las importaciones de biocombustibles de otros países que pueden ser más eficientes en su producción.

## B. Generación de empleo y medios de vida

En la mayoría de los países, una de las principales motivaciones tras el desarrollo de los biocombustibles son los impactos positivos que estos puedan tener sobre el desarrollo rural. El nivel de mano de obra utilizada en la producción de biocombustibles es más intensivo en comparación a aquel de otras fuentes tradicionales de energía. Así, se espera que esta industria genere más empleos por unidad de energía que aquella de los combustibles petroquímicos e hidroenergéticos (UN-Energy, 2007).

La actividad vinculada a la industria de la caña de azúcar es una importante generadora de empleo y renta en Brasil, con un total de un millón 260 mil empleados formales en 2007. Ello es más que la cantidad de empleos creados por la industria de los combustibles fósiles en ese país. Un 39% de ellos asociados al cultivo de caña, un 45% a la producción de azúcar y un 15% a la producción de etanol (Secretaría General de La Presidencia de la República, sin fecha). Otros ejemplos de generación de empleo en el contexto de LAC incluyen a Colombia donde se generan sobre 20.000 empleos rurales (directos e indirectos) por cada 5% de biodiesel utilizado en las mezclas biodiesel-diesel en el país (Mesa, 2009); Ecuador, donde el Programa Nacional de Biodiesel pretende crear 200.000 empleos directos (50.000 hectáreas de palma aceitera, requiriendo 4 trabajadores por hectárea) (Camacho, 2007).

No obstante, la introducción de cambios tecnológicos como la mecanización puede reducir considerablemente la creación de empleo. En Brasil, por ejemplo, la mecanización de la cosecha de caña de azúcar, impulsada por aumentos en los costos de mano de obra y, más recientemente, por las leyes que prohíben la quema pre-cosecha de cultivos de caña de azúcar, ha generado una reducción en las contrataciones. Así, la cantidad total de empleos disminuyó en un tercio durante 1992 y 2003 (Bacon y Mattar, 2005). De hecho, se espera que el desempleo relacionado a la caña de azúcar se convierta en el principal desafío social que tenga que enfrentar la industria de la caña de azúcar en Brasil (Dufey et al, 2007a), lo que puede tener efectos negativos importantes tanto en los niveles de pobreza como en el desempleo de trabajadores poco capacitados. Para mitigar en parte dicho efecto, algunos sugieren la utilización de la mecanización mediana, que consiste en el uso de ayuda mecánica para el corte de la caña de azúcar, mientras que los trabajadores luego reúnen y recogen los cultivos (Johnson and Rosillo-Calle, 2007).

Asimismo, cultivos energéticos como la soya, están vinculados a producciones a gran escala altamente mecanizadas con poco impacto en la mano de obra rural. Este es el caso de Argentina, en donde sólo entre los años 1990 y 2001 la mecanización e introducción de soya transgénica provocó el desplazamiento de cerca de 200.000 pequeños productores (Patrouilleau et al., 2006). Según Acosta (2008) el método de siembra directa, utilizado en ese país para cultivar soya transgénica, resulta más eficiente en términos de tiempo y costos, disminuyendo los tiempos operativos de cada trabajador de 3 horas hombre/hectárea a 0,66 horas hombre/hectárea (40 minutos). Lo anterior, se puede traducir en la

pérdida de 4 de cada 5 empleos (Botta y Selis, 2003). Los ahorros anuales corresponden a aproximadamente un 35% en costo de labores, un 25% en el uso de maquinaria y un 35% en el uso de tractores (Neiman y Quaranta, 2000).

Con todo, la necesidad de disminuir los costos de producción de los biocombustibles es un incentivo considerable para adoptar sistemas mecanizados de producción a gran escala que generen menores requerimientos de mano de obra.

## C. Condiciones laborales

Si bien, en general, el empleo asociado a la producción de biocombustibles se vincula con trabajos más estables y mejores beneficios en relación a otras actividades agrícolas, existe la preocupación de que la expansión de la producción de biocombustibles puede generar, o exacerbar, malas prácticas laborales, tanto en las producciones a pequeña como a gran escala. En efecto, existe evidencia de que en algunos países en desarrollo los cultivos de ciertos *feedstocks*, especialmente la caña de azúcar y palma aceitera, están relacionadas con malas condiciones de trabajo, riesgos vitales y de seguridad, trabajo infantil y trabajo forzado, y a una falta de acuerdo o estándares de condiciones de trabajo.

En Brasil, la mayoría de los empleos relacionados con el bioetanol involucran a trabajadores pobres y poco capacitados, en donde no obstante la calidad de los trabajos sería comparativamente mejor en cuanto a menores niveles de estacionalidad y mejores niveles de salarios en el tiempo (Macedo, 1995). Pese a mejoras importantes en la calidad del empleo, se reportan falencias importantes. Por ejemplo, en algunos casos los trabajadores no tienen acceso a agua potable y los turnos de trabajo pueden llegar a durar 12 horas en temperaturas que superan los 30° Celsius. La práctica de ganancias proporcionales a la cantidad de caña de azúcar cortada, tiende a discriminar a las mujeres, quienes por condiciones físicas no pueden producir tanto como los hombres, alcanzando un menor volumen de caña, y por ende, menores sueldos por la misma cantidad de horas trabajadas (Bailey, 2007). Asimismo, la introducción de la mecanización es una fuente de preocupación importante debido al desempleo resultante, situación que se acentuará en el futuro. En el noreste de este país, donde todavía se utiliza mucha mano de obra debido a los bajos niveles de mecanización, todavía se encuentran casos de trabajo clandestino. Con todo, en vista de estos desafíos el Gobierno de Brasil en conjunto con el empresariado y los trabajadores ha realizado acciones concretas con el fin de mejorar las condiciones laborales del sector. Por ejemplo, se destaca la “Mesa de Diálogo para Perfeccionar las Condiciones de Trabajo en la Caña de Azúcar” iniciada en 2008 con el fin de abordar los problemas sociales clave identificados en el sector. La Mesa logró acuerdos concretos entre los que se incluyen el acceso a la educación, capacitación y reubicación laboral de los trabajadores, la eliminación del intermediario en la contratación y la entrega de equipamientos de seguridad individual de buena calidad a todos los cortadores de caña de azúcar (Secretaría General de La Presidencia de la República, sin fecha). En Colombia, si bien se reportan buenos estándares salariales considerando que el gobierno estima que cada familia agrícola ganaría el doble del salario mínimo (US\$ 4.000 al año) debido a la producción de bioetanol (Echeverri-Campuzano, 2002), por otro lado, se han reportado casos de malas prácticas laborales. Por ejemplo, Mingorance (2007) reporta la existencia de persecuciones a sindicalistas del sector de la palma aceitera que promueven mejores condiciones laborales para los trabajadores. Asimismo, indica que grandes compañías han incitado la formación de cooperativas de trabajadores o de pequeños productores, reduciendo así costos en mano de obra, beneficios sociales y salud, y luego contratándolos por horas de trabajo o tareas específicas. Finalmente, en algunas plantaciones se pueden encontrar condiciones de trabajo forzado, en donde los pagos se realizan mediante cupones que sólo pueden ser canjeados en tiendas de las mismas compañías, o tipos de trabajo que incluyen a todos los miembros de la familia.

En Ecuador, aunque la producción de palma aceitera genera menos puestos de trabajo en comparación a otros sectores exportadores, se identifican mejoras en la calidad del empleo al considerar otros aspectos sociales tales como la existencia de un salario regulado para los trabajadores,



oportunidades de trabajo igualitarias para comunidades con distintas raíces étnicas y, en algunas áreas, una menor presión sobre los recursos forestales que son la base de sustento para poblaciones que no tienen otras alternativas económicas (Albán y Cárdenas, 2007). Asimismo, numerosas compañías productoras de palma aceitera desarrollan planes de gestión social que apuntan a entregarle a poblaciones que dependen de actividades madereras alternativas económicas que se encuentren dentro de su ámbito de intervención, ya sea generando empleos o capacitándolos en la creación de pequeños negocios (CEDA-OEA, 2006). No obstante lo anterior, aún existe bastante espacio para mejoras. Por ejemplo, la mayoría de las plantaciones se encuentran en zonas rurales cuyas condiciones sociales son menores al promedio donde una de las principales preocupaciones son las enfermedades presentadas por los trabajadores debido al constante contacto con agroquímicos o por el consumo de agua contaminada (Albán y Cárdenas, 2007).

## D. Participación de pequeños agricultores

Como la Sección VI.B pone de manifiesto, la industria de los biocombustibles es relevante por su potencial de creación de empleo. Sin embargo, la competitividad de largo plazo de la industria depende fuertemente de su capacidad de generar economías de escala, lo que a su vez puede tener efectos negativos importantes sobre los niveles de desempleo, sobre todo de trabajadores poco calificados, pequeños productores y, por ende, sobre los niveles de pobreza. En efecto, mientras que los sistemas a gran escala son globalmente competitivos y orientados a la exportación, son los sistemas a pequeña escala los que ofrecen las mayores oportunidades para generar empleos y aliviar la pobreza (Dufey et al, 2007a). En el cuadro VI.1 se pueden apreciar algunas diferencias clave entre ambos sistemas.

**CUADRO VI.1**  
**DIFERENCIAS ENTRE LA PRODUCCIÓN EN GRAN ESCALA Y PEQUEÑA ESCALA**

Producción Extensiva (gran escala)	Pequeños productores (pequeña escala)
Generalmente hay mayores rendimientos y eficiencia (ganancias/costos) debido a economías de escala	Generalmente menores rendimientos y eficiencia, pero hay casos donde pequeños productores alcanzan rendimientos y ahorros de costos iguales a los de gran escala
Beneficios sociales reducidos	Grandes beneficios sociales
Bajos retornos en inversión pública	Altos retornos en inversión pública debido a gastos sociales reducidos
Respuesta rápida a la tecnología	Respuesta lenta a la tecnología
Opciones de inversión más seguras para el sector privado	Opciones de inversión más riesgosas para el sector privado
Atractivo para los negocios agrícolas	Atractivo para emprendedores y empresas de pequeña y mediana escala
Pueden abastecer biorefinerías de gran escala y exportación de <i>commodities</i>	Pueden abastecer tanto refinerías locales como a aquellas de gran escala
Esquema más adecuado para políticas de exportación	Esquema más adecuado para políticas de desarrollo rural

Fuente: Dufey et al., 2007a.

Como se plantea en la sección VI.C, la necesidad de aumentar la competitividad mediante economías de escala constituye una presión en reducir costos, incentivando la exclusión de los pequeños productores. Los principales mecanismos para llevar eso a cabo, introducción de variedades mejoradas, cambios desde sistemas de producción diversificada hacia monocultivos, moverse a terrenos más grandes y cambios hacia una producción cada vez más intensiva en capital, son opciones

a las cuales los pequeños productores muchas veces no tienen acceso y por lo tanto se traducen en un riesgo de excluir a los pequeños productores.

En Brasil, por ejemplo, el modelo de negocios de la caña de azúcar se caracteriza por una gran concentración de tierras y capital (Dufey et al, 2007b). Aumentos en las economías de escala y la concentración de tierras han significado que los beneficios del bioetanol en base a caña de azúcar para pequeños propietarios hayan sido limitados y que hayan sido los grandes productores e industriales quienes más se han beneficiado con la expansión de la industria (Peskett et al, 2007). Aquí, las cooperativas de biocombustibles se crean como una iniciativa para aumentar la productividad de pequeños agricultores ya sea para plantaciones destinadas a cultivos energéticos o con propósitos de subsistencia (Noronha, 2006).

Asimismo, la selección de una variedad de caña de azúcar mejorada y la inversión en irrigación ha ayudado a optimizar los rendimientos, pero los beneficios de esto se han reflejado más a nivel de las plantaciones (Peskett et al, 2007). En Argentina, el gran avance de la soya transgénica, sumando a la producción de otros monocultivos, generó una disminución en la cantidad de productores rurales, especialmente las granjas familiares, debido a la concentración de tierra y el traspaso de gestión de los terrenos a empresas del rubro o inversores (Honty y Gudynas, 2007). En efecto, durante 1988 y 2002 han desaparecido 75.293 explotaciones cuyo terreno es menor de 200 hectáreas y 7.561 con terrenos entre las 200 y 500 hectáreas, mientras que se aprecia un aumento de aquellas que están en el rango de 1.000 a 2.500 hectáreas (Giarraca y Teubal, 2005). No obstante lo anterior, existen algunas cooperativas de productores de soya que tienen cultivos de pequeña escala, quienes deberán organizarse para que puedan encontrar formas de aprovechar las economías de escala si quieren permanecer vigentes (Dufey et al, 2007a).

Por otro lado, existen experiencias concretas que buscan proactivamente la inclusión de pequeños productores. Por ejemplo, el gobierno brasileño, mediante el Ministerio de Desarrollo Agrario, ha desarrollado el “Programa Nacional de Producción y Uso de Biodiesel (PNPB)” el cual busca fomentar la producción y uso del biodiesel enfocándose en la inclusión social y el desarrollo rural. Bajo este mismo marco, el “Sello Combustible Social” concede beneficios a los productores que generan empleos e ingresos a los agricultores familiares. Este mecanismo también provee resguardo a los agricultores al establecer contratos revisados por un sindicato de trabajadores rurales reconocido por el gobierno (Borges, 2008). La primera cooperativa se fundó en 2005 involucrando aproximadamente a 25.000 familias (Noronha, 2006).

Otro ejemplo denotando esfuerzo por integrar a los pequeños productores es su creciente participación en el sector azucarero en Costa Rica, el que ha aumentado un 97,2% entre los años 2000 y 2005 (LAICA, 2006). Entre las acciones ha implementado el gobierno para apoyar a este grupo se encuentra el establecimiento de un programa enfocado a empresarios que tenga producciones de pequeña o mediana escala para entregarles fondos y ayudarles a acceder al mercado mediante acuerdos comerciales (Murillo, 2007).

Con todo, las economías de escala son importantes y los pequeños agricultores deben adaptarse y organizarse para avanzar en esa dirección. Luego, un balance de la ecuación entre competitividad de la industria e integración de sistemas a pequeña escala resultará crucial para la sostenibilidad de la industria. El desafío consiste entonces, en la identificación de sistemas de producción y modelos de negocios de biocombustible que beneficie e integre a los sectores más pobres (Dufey, 2008). Este tema se aborda en la sección VI.G de temas clave.

## **E. Dinamización de la economía local**

En la mayoría de los países, una de las principales motivaciones tras el desarrollo de los biocombustibles son los impactos positivos que estos puedan tener sobre el desarrollo rural, ya que

generan nuevas demandas por productos agrícolas que van más allá de la tradicional generación de alimentos y forraje (Dufey, 2008).

La producción de biocombustibles puede generar un gran impulso sobre la economía local cuando se produce para el consumo interno y se incluye a pequeños agricultores. Se espera que los efectos dinamizadores de los biocombustibles sean mayores cuando los productores, empresarios y empleados de la industria inviertan y/o gasten localmente sus ganancias, incluso a través de impuestos locales (UN-Energy, 2007). Los subproductos y co-productos del procesamiento de los biocombustibles como la glicerina, alimentos de alto valor proteico para el ganado y fertilizantes, también podrían aumentar los ingresos locales (Worldwatch Institute, 2006). Otra forma de incrementar el impacto sobre la economía local es incluir los biocombustibles como insumo de las actividades agrícolas tanto en maquinarias como tractores o aviones para tareas de fumigación, etc. En efecto, los motores a diesel hoy existentes los que pueden ser fácilmente adaptados para el uso del biodiesel (IICA, 2007).

A nivel más general, en Brasil, mediante el “Sello Combustible Social” del PNPB se promueve la inclusión social en la agricultura, otorgando beneficios a aquellos productores de biodiesel que compren sus materias primas de agricultores familiares. El Banco de Desarrollo de Brasil (BNDES) constituye otra forma de fomentar el desarrollo económico y social. Esta institución contemplaba 11 proyectos de inversión al año 2007, que alcanzan aproximadamente US\$ 350 millones y una capacidad productiva de 1.100 millones de litros, siendo previamente validada por tener 19 plantas de transformación de biodiesel en operación, las que alcanzan una capacidad productiva de 710 millones de litros al año, y 13 plantas de transformación de biodiesel construidas, pero no operando (Stachetti et al, 2007).

Adicionalmente, los países en desarrollo pueden utilizar el mercado del carbono para atraer inversiones a proyectos de biocombustibles. El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite que los países desarrollados implementen programas de reducción de GEI en países en vías de desarrollo (Dufey, 2008). Por ejemplo, el Programa Colombiano de Bioetanol reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub> en 6 millones de toneladas, pudiendo obtener recursos financieros mediante el MDL (Echeverri-Campuzano, 2002); y en Costa Rica, se estima que se podrían obtener US\$ 320.000 al año al utilizar una mezcla E10, reduciendo así las emisiones de carbono (Horta, 2006). En Brasil se identifica el acuerdo con Alemania, bajo el cual hacia en el año 2003, Alemania acordó contribuir con 100 millones de Reales a la Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores (ANFAVEA) durante 10 años para que pudieran producir 100.000 vehículos adicionales que funcionaran en base a bioetanol, ayudando así a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, entregaría bonos de 1.000 reales por la utilización de cada uno de estos vehículos. Con esto, Alemania obtiene un certificado que está asociado a dicha reducción de emisiones (UN-Energy, 2007).

## **F. Acceso a las tierras**

La expansión de los biocombustibles puede generar cambios en el uso de la tierra sin impacto alguno sobre el acceso a estas tierras, como es el caso de cambios en el cultivo de elección sin generar cambios en el sistema de tenencia de las tierras. No obstante existen situaciones en que sí se generan riesgos. Estos riesgos, de forma similar a los impactos sobre la frontera agrícola y la biodiversidad (sección V.C) y sobre las emisiones de GEI (sección V.B), se pueden dar tanto de forma directa (es decir, asociados a impactos directos en el uso de tierras para la producción de biocombustibles) o bien indirecta (cambios en uso de tierra gatillados por cambios en la rentabilidad de otros cultivos frente a la producción de biocombustibles).

La necesidad de reducir los costos de producción de los biocombustibles crea incentivos para la generación de un negocio altamente mecanizado, a gran escala y con una fuerte concentración en la propiedad de las tierras. La intensificación en el uso de tierras a través de la utilización de insumos de alto costo (semillas, fertilizantes, pesticidas) puede ser asociada a modelos de negocios y contratos

agrícolas que se tornan inaccesibles para aquellos productores que no satisfacen los criterios de aceptación, como por ejemplo, granjas de tamaño mínimo o capital financiero suficiente (Cotula et al., 2008). Todo ello puede gatillar el desplazamiento de grupos indígenas, o de los mismos campesinos o pequeños productores. Estos últimos pueden ser reincorporados en el nuevo negocio instaurado en plantaciones que antes les pertenecían a través de un trabajo asalariado o bien migrar a otro lugar (Dufey et al, 2007a; Bailey, 2007). Luego, una preocupación clave que surge es cuando existen productores o habitantes indígenas sin tierras que resulten con privación y disrupción social, como se ha dado, por ejemplo, al alero de la expansión de la industria de la caña de azúcar en Brasil (Worldwatch Institute, 2006).

En Brasil, la industria del bioetanol ha debido enfrentar conflictos por tierras entre grupos indígenas y grandes agricultores, debido a una débil estructura legal que regula la propiedad y uso de las tierras, aumentando la concentración de terrenos y la producción de monocultivos. La concentración de tierras en Brasil es muy alta; el 70% de la tierra bajo cultivos de caña de azúcar pertenece a 340 fábricas de escala industrial, con un tamaño de predio promedio de 30.000 ha. El 30% restante se reparte entre unos 60.000 pequeños tierra-tenientes con un predio de tamaño promedio de 27,5 ha (Rothkopf, 2007), no obstante, muchos de ellos no trabajan directamente la tierra sino que la arriendan a los grandes estados productores de azúcar (Cotula et al, 2008). Las desigualdades que provoca esta concentración incrementan con la expansión de los terrenos de monocultivo, la reducción del número de centrales azucareras, el aumento de la inversión extranjera, la adquisición de tierras y las necesidades de generar economías de escala (Peskest et al, 2007).

En Ecuador, el cultivo de palma africana se vincula al desplazamiento de grupos indígenas de zonas afro-ecuatorianas y del Amazonas, y a la migración de granjeros a ciudades y zonas selváticas. Frente a esto, algunas empresas han comenzado a implementar programas de desarrollo social otorgando asistencia técnica, ayuda para la legalización de tierras y obtención de créditos a pequeños productores (Albán y Cárdenas, 2007). En la vecina Colombia, se han detectado apropiaciones ilegales de tierras llevadas a cabo por el movimiento paramilitar, tierras que luego son legalizadas y utilizadas para fines agrícolas. Se han reportado casos de comunidades indígenas y de color que han sido despojadas de sus tierras para hacer lugar a plantaciones de palma aceitera en la zona de la costa del Caribe (Balch y Carroll, 2007). De hecho, una investigación del Gobierno de Colombia sobre esta situación determinó que unas 25.000 ha. aptas para el cultivo de palma aceitera, originalmente otorgadas a comunidades de color, fueron adquiridas para fines privados a través de títulos de tierras ilegales (Martinez, 2006).

Otra forma en que se puede afectar el acceso a las tierras, identificada por autores como Cotula et al. (2008), es cuando existen incentivos de mercado para promover el sector que motiva la conversión de tierras a la producción de biocombustibles generando alzas en el precio de la tierra. Si bien en algunos casos ello genera oportunidades para los agricultores más pobres, también puede convertirse en un factor que gatille el desplazamiento de las personas más pobres de sus tierras. En particular, advierten que en la medida en que los biocombustibles generen alzas en los precios de los alimentos y los productores se vean en la necesidad de incrementar las tierras dedicadas a la producción de cultivos —con efectos tanto positivos como negativos sobre la seguridad alimenticia (ver capítulo VII)— también existe el riesgo que se debilite el acceso de los más pobres a dichas tierras.

Entre todos los grupos potencialmente afectados a ser desplazados se identifica a las mujeres como un grupo especialmente vulnerable. En efecto, un reporte de la UICN destaca que las mujeres son más vulnerables a ser desplazadas a partir de una expansión incontrolada de monocultivos (IUCN, 2007). Mientras que los proyectos de biocombustible a pequeña escala poseen el potencial de mejorar los medios de vida y tiempos dedicados por mujeres al abastecimiento de bioenergía tradicional (leña y carbón), por otro lado, existen fuertes desigualdades de género, las que hacen que frente a la expansión de los biocombustibles a gran escala existan riesgos de erosión de los derechos sobre las tierras de las mujeres, grupo que dentro de los países en desarrollo es dueño de sólo el 5% de las tierras (UICN 2007).

**CUADRO VI.2**  
**TAMAÑO DE EXPLOTACIÓN Y CULTIVO ENERGÉTICO (% DE SUPERFICIE)**

	Caña de azúcar	Maíz	Trigo	Palma aceitera	Girasol	Raps	Remolacha	Soya
<b>Chile</b>								
0 a 5 has	-	7,8	5,2	-	3,9	0,2	4,4	0,1
5 a 20 has	-	23,5	18,0	-	17,2	1,1	24,4	0,1
20 a 200 has	-	46,6	40,0	-	62,2	17,8	48,9	91,6
Más de 200 has	-	22,2	36,8	-	16,7	81,0	22,3	8,0
Total	-	100	100	-	100	100	100	100
<b>Brasil</b>								
0 a 5 has	0,8	9,0	1,0	7,0	3,0	1,0	-	0,0
5 a 20 has	3,8	19,0	11,0	19,0	16,0	28,0	-	7,0
20 a 200 has	20,2	38,0	52,0	47,0	34,0	40,0	-	29,0
Más de 200 has	75,2	33,0	36,0	27,0	48,0	31,0	-	64,0
Total	100	100	100	100	100	100	-	100
<b>Ecuador</b>								
0 a 5 has	46,8	92,8	64,1	2,0	-	-	92,5	21,5
5 a 20 has	33,4	6,1	27,3	4,4	-	-	5,2	28,5
20 a 200 has	16,7	1,1	6,4	69,6	-	-	2,0	27,8
Más de 200 has	3,1	0,0	2,2	23,9	-	-	0,3	22,3
Total	100	100	100	100	-	-	100	100
<b>Nicaragua</b>								
0 a 5 has	0,4	6,7	-	0,0	-	-	15,2	2,0
5 a 20 has	2,4	21,5	-	0,1	-	-	43,1	18,9
20 a 200 has	17,1	57,1	-	1,2	-	-	34,0	40,8
Más de 200 has	80,2	14,8	-	98,7	-	-	7,6	38,3
Total	100	100	-	100	-	-	100	100
<b>Panamá</b>								
0 a 5 has	5,5	25,0	-	-	-	-	-	-
5 a 20 has	13,4	25,4	-	-	-	-	-	-
20 a 200 has	21,8	43,4	-	-	-	-	-	-
Más de 200 has	59,4	6,2	-	-	-	-	-	-
Total	100	100	-	-	-	-	-	-
<b>Perú</b>								
0 a 5 has	70,4	71,1	72,8	-	-	-	-	-
5 a 20 has	18,3	19,4	18,7	-	-	-	-	-
20 a 200 has	6,8	6,8	6,0	-	-	-	-	-
Más de 200 has	4,6	2,7	2,4	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	-	-	-	-	-
<b>Uruguay</b>								
0 a 5 has	0,5	0,5	0,0	-	0,0	-	-	0,0

(continúa)

Cuadro VI.2 (conclusión)

	Caña de azúcar	Maíz	Trigo	Palma aceitera	Girasol	Raps	Remolacha	Soya
5 a 20 has	8,2	5,5	0,2	-	0,1	-	-	0,1
20 a 200 has	53,1	23,4	8,0	-	3,9	-	-	1,6
Más de 200 has	38,2	70,7	91,8	-	96,0	-	-	98,3
Total	100	100	100	-	100	-	-	100

Fuente: Razo et al., 2007.

Nota: Los países incluidos son sólo aquellos para los cuales se disponía de información censal.

Cotula et al., (2008) concluyen que los impactos sobre el acceso a la tierra dependerán, finalmente, de determinantes clave como son la fortaleza y naturaleza de los patrones de dominio de las tierras (ver sección VI.G de temas clave para desarrollo de este punto). Este es un tema que debe ser analizando en profundidad para los países de América Latina y el Caribe considerando que en la estructura de tenencia de la tierra dedicada a cultivos energéticos en la región —a excepción de Ecuador, Perú y Panamá (ver cuadro VI.II)— ya existe una clara predominancia de explotaciones de mayor tamaño, lo que implica menor número de productores y una mayor concentración de la tierra.

## G. Mejoras en el acceso a servicios básicos

Una gran parte de las comunidades pobres, especialmente aquellas en zonas rurales y aisladas, no tienen acceso a servicios eléctricos o energéticos básicos, lo cual disminuye sus oportunidades de desarrollarse económicamente y mejorar sus estándares de vida. Así, el uso de biocombustibles aumenta la accesibilidad de estas comunidades a la energía (Dufey, 2008). En el caso de localidades remotas, los programas descentralizados a pequeña escala en localidades rurales son una buena alternativa frente al uso de combustibles fósiles —de alto precio— para abastecer las redes eléctricas que proveen a hogares y pequeñas empresas (Kojima y Johnson, 2005).

El uso de biocombustibles en pequeñas localidades remotas puede ayudar a reducir los tiempos que las mujeres y niños utilizan en actividades de recolección de madera para combustible y agua. Por ejemplo, las mujeres en países poco desarrollados gastan cerca de un tercio de sus vidas recolectando madera y la constante necesidad de ayuda por parte de los niños no permiten que estos vayan al colegio (FAO, 2007). Además, el uso de biocombustibles en la cocina o para calefacción podría ayudar a disminuir las enfermedades respiratorias y muertes por esta causa, las que están vinculadas a la quema de otros combustibles (UN-Energy, 2007). Finalmente, el uso de los biocombustibles puede mejorar el acceso a agua potable (Gonsalves, 2006a). Sin embargo, adaptarse al uso doméstico del bioetanol requiere de un cambio cultural y de un especial cuidado en el almacenamiento de los biocombustibles, debido a su alta inflamabilidad (Dufey et al., 2007).

Bajo este contexto, se han llevado a cabo diversos proyectos que buscan mejorar el estilo de vida de familias que viven en zonas rurales mediante el uso de biocombustibles en numerosos países en desarrollo. En el caso de los países de América Latina, destaca el Proyecto GAIA, en Brasil, que es una iniciativa que busca promover el uso de bioetanol como combustible de cocina a nivel doméstico. Básicamente consiste en evaluar la aceptabilidad de hornos “CleanCook” mediante un testeado realizado por familias rurales. Para facilitar el acceso de estas comunidades al bioetanol se implementaron pequeñas destilerías. Este proyecto, además, otorga oportunidades de generación de ingresos por parte de las familias que son dueñas de las tierras, las que pueden cultivar caña de azúcar para luego venderla directamente a estas instalaciones y/o acceder a descuentos en la compra de bioetanol. Algunas de las ventajas que se encontraron luego de utilizar este tipo de hornos son la seguridad y rapidez, ahorrando 20 minutos de tiempo de cocina al día, y una mejora en la calidad del aire, debido a

la disminución de material particulado contaminante. Además, este tipo de iniciativas generan oportunidades para los granjeros evitando así su migración a las zonas urbanas (FAO-PISCES, 2009).

## H. Temas clave para países de América Latina y el Caribe

Del análisis anterior surgen los siguientes temas clave para los países de ALC.

### **Los efectos en la balanza de pagos no sólo vienen dados por el ahorro de divisas generados por la sustitución de importaciones de combustibles fósiles:**

Una motivación clave de los gobiernos para promover la producción endógena de biocombustibles es el reemplazo de importaciones de combustibles fósiles mejorando así el resultado de la balanza de pagos. No obstante, los gobiernos deben considerar que el efecto final sobre la balanza de pagos también dependerá de otros elementos que pueden verse afectados; por ejemplo, por los impuestos a las importaciones de combustibles fósiles que se dejan de percibir o la reducción en la entrada de divisas cuando se desvían *commodities* agrícolas de los mercados de exportación al mercado doméstico para la producción de biocombustibles, entre los más importantes.

### **Existencia de trade-offs entre competitividad, objetivos ambientales y generación de empleo:**

La necesidad de disminuir los costos de producción de los biocombustibles y aumentar su competitividad o bien dar solución a problemas ambientales como la eliminación de la práctica de quemar pre-cosecha, es un incentivo considerable para adoptar sistemas altamente mecanizados u otras prácticas agrícolas que generan menores requerimientos de mano de obra. Luego, un claro desafío para los gobiernos de la región y sus formuladores de política es realizar un buen análisis de la situación en sus países y la identificación de sistemas de producción y modelos de negocios de biocombustibles que beneficien e integren a los sectores más pobres, tema que se aborda en el siguiente punto.

### **Necesidad de identificar modelos que equilibren la coexistencia de sistemas de producción a gran escala y la inclusión de pequeños productores:**

Un tema clave que surge para los gobiernos es la necesidad de equilibrar sistemas a gran y pequeña escala en la producción y procesamiento de biocombustibles. Mientras que los sistemas a gran escala son, por lo general, globalmente competitivos y orientados a la exportación, los sistemas a pequeña escala ofrecen mayores oportunidades de creación de empleo y reducción de la pobreza. Sin embargo, los modelos de producción a gran escala per sé no son la única opción económicamente viable para la producción de biocombustibles. La existencia de modelos a gran escala y a pequeña escala no es siempre dicotómica y la experiencia demuestra que pueden coexistir de diversas maneras. Existen modelos de asociación entre empresas de gran y pequeña escala, como son los esquemas de subcontratación de la producción, cooperativas, asociaciones de marketing, contratos de servicios, joint ventures y participación accionaria por parte de pequeños productores, entre otros (Mayers and Vermeulen 2002). A nivel de políticas públicas concretas, el Sello Social del Programa ProBiodiesel implementado por el Gobierno de Brasil apunta en esa dirección. Las economías de escala son importantes para la sustentabilidad de la industria y los gobiernos de la región podrían avanzar en la identificación de políticas públicas que promuevan el avance de los pequeños agricultores para adaptarse y organizarse en esa dirección.

**Justa distribución de ganancias a través de la cadena de valor:** Los pequeños agricultores han tenido que enfrentar múltiples obstáculos para tratar de acceder a la cadena productiva, compensando los altos costos de transportar las cosechas a las plantas procesadoras con la venta a través de intermediarios (Pesket et al., 2007; RafiKhan et al., 2007). La experiencia señala que la mayor parte de las utilidades de la exportación quedan en manos de los agentes que se encuentran en la parte final de la cadena, mientras que los productores primarios se han beneficiado relativamente poco de estos beneficios. Un análisis realizado por las Naciones Unidas sugiere que agrupaciones eficientes de empresas de pequeña y mediana escala podrían participar efectivamente en las distintas etapas de la cadena de valor (UN-Energy, 2007). El principal desafío consiste en cómo entregar condiciones de políticas apropiadas que promuevan la participación en las ganancias y eviten la

monopolización a lo largo de la cadena (Dufey et al., 2007a). Modelos de negocios, como los descritos en el párrafo precedente (esquemas de subcontratación de la producción, cooperativas, asociaciones de marketing, contratos de servicios, *joint ventures* y participación accionaria por parte de pequeños productores), han sido útiles y se recomienda que sean explorados y promovidos por los gobiernos de los países de la región.

**Políticas de apoyo a los biocombustibles se justifican cuando se enfocan a promover su consumo interno involucrando a pequeños productores.** La producción de biocombustibles tendría su mayor impacto sobre los multiplicadores sociales y económicos cuando se produce para el consumo local e involucra a pequeños productores, ya sea a través del gasto o reinversión local de los ingresos e impuestos de los principales actores involucrados, la generación de co-productos o la incorporación de los biocombustibles como insumos en distintas actividades productivas. Aún cuando los pequeños productores podrían requerir mayores niveles de subsidio que los grandes productores (debido a las economías de escala) un análisis realizado por la Naciones Unidas sugiere que ello puede ser dinero bien gastado. Ello debido a que los gobiernos tienden a recibir mayores retornos de su gasto público promoviendo la producción a pequeña escala debido a sus mayores efectos dinamizadores de la economía (UN-Energy, 2007). Un desafío que surge entonces, es un buen diseño de políticas de forma tal que se alcance el grupo objetivo deseado. Ello no es evidente. En efecto, Kokjima y Johson (2005) argumentan que, con frecuencia, los recursos destinados al apoyo agrícola van en mayor beneficio de los políticamente poderosos e influyentes, como son las empresas grandes y modernas, a expensas no sólo de la sociedad como un todo, sino especialmente de aquellos grupos que supuestamente eran el grupo objetivo: los productores pequeños y trabajadores sin tierra. En fin, los gobiernos deberán hacer un exhaustivo análisis de los costos y beneficios —incluyendo la identificación y cuantificación de los co-beneficios ambientales y sociales— de promover el desarrollo de los biocombustibles para apoyar a las comunidades rurales más pobres y también comparar con la costo-efectividad de instrumentos alternativos.

**Fortalecer sistemas de tenencia de las tierras:** La experiencia sugiere que los mayores impactos sobre el acceso a las tierras de grupos vulnerables se han dado donde no existen derechos de propiedad claramente establecidos o estructuras legales débiles. Más allá de los sistemas de tenencia y derechos sobre la tierra, también existen otros factores de influencia tales como asimetría de poderes y el nivel de capacidades de los afectados para reclamar y asegurar sus derechos (Cotula et. al, 2008). Considerando que la mayoría de los gobiernos de LAC apuntan a la producción de biocombustibles a gran escala, existe un alto riesgo que se produzca disrupción en áreas rurales, cuyos impactos deben ser considerados. Medidas como la protección de los derechos a las tierras, tanto individuales como comunales, especialmente de aquellos grupos más vulnerables surgen como un tema crucial para asegurar la sustentabilidad de los biocombustibles. Instituciones como UN Energy Renewable Energy Cluster, se encuentran desarrollando herramientas estratégicas (“*Sustainable Bioenergy: Planning Strategically and Managing Risks in Investment Choices*”), que buscan guiar a los gobiernos y formuladores de política al desarrollo de industrias de biocombustibles con el fin de minimizar impactos sobre el acceso a las tierras, entre otros impactos clave sobre la sustentabilidad.





## VII. Los biocombustibles y la crisis alimentaria

Probablemente uno de los temas más nuevos, de mayor controversia y que aún es poco entendido es aquel referente a los vínculos que existen entre la producción de biocombustibles y la seguridad alimentaria. El uso de cultivos agrícolas para la producción de biocombustibles otorga un nuevo uso a los *commodities* agrícolas que va más allá del tradicional uso para alimento, forraje, vestimenta y uso cosmético, adicionando así un nuevo determinante al mercado de los alimentos. El presente capítulo busca entender los principales vínculos entre la producción de biocombustibles y la seguridad alimentaria.

### A. Entendiendo los vínculos entre seguridad alimentaria y biocombustibles

La fuerte alza experimentada en los precios de los alimentos en los últimos años, especialmente en el período 2006-2008 (ver gráfico VII.1), en forma conjunta con el alza global en la producción de biocombustibles a gran escala, ha dado inicio, tanto en foros a nivel nacional como internacional, a la discusión del rol que le compete a los biocombustibles en tales incrementos y a los impactos relacionados sobre la seguridad alimentaria.

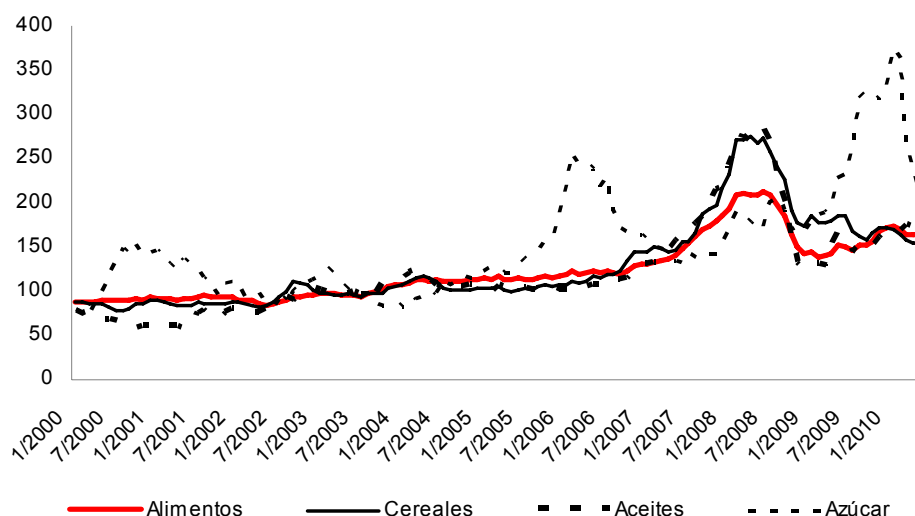
En efecto, los precios de los alimentos aumentaron en un 83% entre 2005 y 2008 (World Bank, 2008). Los índices de precios de los alimentos de la FAO sufrieron aumentos cercanos al 40% durante el año 2007, mientras que el 2006 el aumento fue de un 9%. Las alzas en los precios mundiales fueron más pronunciadas para los cereales y en menor medida para las semillas oleaginosas, mientras que disminuyeron considerablemente para el azúcar (OECD-FAO, 2007).

No obstante, puesto en perspectiva, autores como Banse et al., (2008) indican que las alzas acontecidas en los precios de los *commodities* agrícolas durante el 2007-2008 deben ser consideradas como moderadas al ser comparadas con las alzas experimentadas en los precios de todos los *commodities*, especialmente del petróleo. Por otro lado, Peñaranda y Rupérez (2009) determinan que a partir de 2005 se comienza a dar una correlación positiva entre las alzas en el precio del petróleo y los cultivos energéticos, especialmente maíz y soya. Más aún, al ser los alimentos una necesidad básica, los cambios en los precios de los alimentos se tornan en un tema social y políticamente sensible.

El tema ha vuelto a ser punto focal debido al incremento de precios de varios productos agrícolas registrado durante el segundo semestre de 2010 e inicios de 2011. En febrero 2011 el índice

agregado de precios de alimentos de la FAO alcanzó su máximo nivel histórico, lo mismo que los índices de cereales y de aceites y oleaginosas. Y a diferencia del 2007-2008, el precio del azúcar ha presentado los mayores incrementos de la última década, alcanzando un record histórico en enero 2011 y apenas disminuyendo en febrero.

**GRÁFICO VII.1**  
**ÍNDICE DE PRECIOS DE LOS ALIMENTOS**



Fuente: FAO, marzo 2011.

La comprensión de los impactos de los biocombustibles sobre la seguridad alimentaria es amplia y compleja. Requiere considerar que el vínculo entre aumentos en los precios de los alimentos y la seguridad alimentaria no es único ni necesariamente negativo. Se necesita analizar, como establece la FAO, en un contexto en que los cambios en los precios de los alimentos no sólo impactan la disponibilidad de alimentos (por ejemplo, su nivel de producción), sino que también su accesibilidad mediante los cambios en los ingresos de productores y otros actores relevantes (FAO, 2007). En lo siguiente se abordan ambos vínculos.

## B. Impactos sobre la disponibilidad de alimentos

A nivel internacional se deben entender cómo cambios en la demanda global por biocombustibles afecta a los precios internacionales de los *commodities* agrícolas. En general, se espera que la creciente demanda mundial de biocombustibles evite una caída de los precios mundiales de éstos.

En efecto, la mayoría de los estudios realizados asocian el incremento en la producción global de biocombustibles con aumentos en los precios de los *commodities* agrícolas; no obstante, las estimaciones de los incrementos varían ampliamente y de todas se infiere que no se debe analizar al sector biocombustibles como un todo si no a nivel de cada cultivo energético en particular.

Por ejemplo, el informe *Perspectivas de la Agricultura 2008-2017* (OECD-FAO, 2008) realiza un análisis donde los precios de los *commodities* agrícolas son estudiados bajo diferentes escenarios. Para el escenario de las políticas de biocombustibles el informe concluye que si se mantuviera el nivel de producción de biocombustibles en los niveles del año 2007 hacia el 2017, versus un escenario en que su producción más que se duplica, el precio del trigo sería un 5% más bajo, el del maíz un 13% menor y el de los aceites vegetales disminuiría un 15%.

En forma similar, un estudio de IFPRI (von Braun et al., 2008), establece que el aumento en la demanda global por biocombustibles entre 2000 y 2007 fue responsable en un 30% del alza en los precios de los cereales. Esta cifra, si bien bastante criticada por distintos sectores ya sea por ser muy alta o muy baja (Bansen et al., 2008), por otro lado, establece distintas responsabilidades dependiendo del *feedstock* en cuestión: 39% para el maíz, 21% para el arroz y 22% para el trigo.

Adicionalmente, Rosegrant (2008) también en un estudio del IFPRI, en un ejercicio en que congela la producción de biocombustibles hacia el año 2015 en los niveles del año 2007 para todos los países y todos los cultivos utilizados como *feedstocks*, sugiere que los menores impactos en los precios se dan para la caña de azúcar seguido por el trigo, mientras que los mayores impactos se dan para el caso del maíz.

Luego, más que intentar atribuir responsabilidades al sector de biocombustibles como un todo sobre la presión inflacionaria del sector agrícola global, se debe tratar de entender las responsabilidades a nivel de *feedstock* individuales, ya que tienden a ser bastante distintas. Así, cultivos energéticos como la caña de azúcar tendrían un menor impacto sobre los niveles de precios en comparación a otros *feedstocks*, notablemente maíz o bien oleaginosas como el raps. Una razón clave detrás de esto es que la caña de azúcar no es un cultivo alimentario principal. Granos corrientes como el maíz y el arroz son, con frecuencia, la principal fuente alimentaria de la gente más pobre, representando un 63% de las calorías consumidas en países asiáticos de bajos ingresos, cerca del 50% en África subsahariana, y 43% en los países de bajos ingresos de América Latina (IFPRI, 2008). Específicamente para el caso de los países de América Latina y el Caribe, Rodríguez (2009) determina que los cultivos de mayor importancia para la dieta de estos países (en términos de fuentes de proteínas, grasas y energía) son el maíz y el aceite de soya, mientras que aquella de la caña de azúcar y aceite de palma es baja.

Otros argumentos que se esgrimen es que el precio de la caña de azúcar podría no estar correlacionado con otros cultivos alimenticios (Bailey 2007) y que Brasil ha podido ir incrementando la producción de caña de azúcar en tándem con los nuevos requerimientos de la demanda global<sup>8</sup>.

Por otro lado, también se debe entender que alzas en los precios de los alimentos y de los cultivos agrícolas hace que la producción de biocombustibles se torne menos rentable (como se sugiere en el capítulo III, el cultivo energético es el ítem de costos más significativo). Así, alzas en el precio de los cultivos energéticos hace que la producción agrícola se torne nuevamente hacia la producción de alimentos. De hecho Albán y Cárdenas (2008), en el caso de la producción de biodiesel en Ecuador, identifican el alto precio alcanzado por el aceite de palma como el factor clave más importante desincentivando el negocio de biodiesel en ese país. Trostle (2008) también lo demuestra para el caso de la producción de biodiesel en base a soya en los EE.UU.

Finalmente, se debe enfatizar que los biocombustibles son sólo un factor, entre muchos otros, explicando la reciente alza en los precios internacionales de los *commodities* agrícolas (CEPAL-FAO-IICA, 2011). Adicionalmente, se identifican otros elementos clave contribuyendo al alza en los precios, específicamente: déficits de producción relacionados a factores climáticos ocurridos en varios países productores clave por 3 años consecutivos (ej, Australia, Europa, ex Unión Soviética y América del Norte) en un momento en que los inventarios ya se encontraban en niveles históricamente bajos; incrementos en la demanda por *commodities* agrícolas y alimentos dados por las nuevas economías emergentes y de rápido crecimiento en Asia (FAO-OECD, 2007); especulación (IFPRI, 2008; UNIDO, 2009) y; alzas en precios en insumos agrícolas (fertilizantes, para el procesamiento y transporte) debido a alzas en precio de la energía. En ese sentido, la mayor demanda de los *feedstocks* de biocombustibles se debe considerar como un factor adicional de presión sobre una oferta que ya es ajustada (Dufey et al., 2007a).

---

<sup>8</sup> Ricardo de Gusmão Dornelles, Director, Departamento de Combustibles Renovables, Ministerio de Minas y Energía. Taller: Potential for Sustainable Utilisation of 2nd Generation Biofuels, 9 de Febrero 2009, Agencia Internacional de Energía, Paris.

A nivel nacional, la pregunta clave es si los ahorros y ganancias provenientes de la producción de biocombustibles superarán los costos adicionales de los alimentos. Los biocombustibles compiten con los cultivos alimentarios por tierra y agua, reduciendo potencialmente la producción de alimentos en lugares donde nuevas tierras para la agricultura o el agua donde la disponibilidad para irrigación es escasa (Dufey et al., 2007a). Para biocombustibles producidos en base a *feedstocks* con usos alimentarios, también existe una competencia directa respecto de su uso final. La limitada experiencia disponible para el caso del bioetanol en base a caña de azúcar indica que no es muy claro el grado en que se genera una competencia por tierras o el desplazamiento de cultivos alimenticios, y se sugiere que su impacto sería menor respecto de otros cultivos energéticos. Zarrilli (2006), por ejemplo, señala que en las regiones brasileñas que producen caña de azúcar, este cultivo en lugar de competir más bien promueve la producción de cultivos alimenticios. Ello lo hace de dos maneras. Primero, mediante los ingresos adicionales que se generan por las actividades agroindustriales relacionadas a la caña de azúcar la cuales “capitalizan” la agricultura y mejoran las condiciones generales para producir otros cultivos. Esto también es señalado por Murillo (2007) para el caso de Costa Rica, en donde bajo las condiciones climáticas y uso de tierra actuales, la producción de bioetanol en base a caña de azúcar es vista como un complemento a la generación de ingresos en vez de ser una competencia con los productos básicos y vegetales. Segundo, si se compara la alta productividad por unidad de tierra que tiene la caña de azúcar versus otros *feedstocks*, la primera permite una producción muy significativa a partir de una ocupación de tierra relativamente pequeña (Zarrilli, 2006). Es más, en los países en donde el bioetanol es producido mediante melaza de caña de azúcar (por ejemplo, Guatemala, Pakistán y Sudáfrica) no se produce desplazamiento de cultivos alimentarios (RafiKhan et al., 2007). Finalmente, existen cultivos energéticos que no compiten directamente con la producción de alimentos, tales como la *jatropha* y los pastizales, especialmente cuando son cultivados en tierras degradadas.

### C. Impactos en la accesibilidad

Aquí se debe explorar cómo cambios en los precios de los *commodities* afectan los ingresos de las personas, o bien, cómo los costos y ganancias de los biocombustibles sobre la seguridad alimentaria se distribuyen dentro de la sociedad, tema que ha sido muy poco explorado en la literatura. La FAO y otras instituciones expertas concuerdan en que la hambruna es más un tema de acceso a los alimentos que de su suministro. Luego, un enfoque que busca mejorar el desarrollo rural y los medios de vida tiene más sentido que tratar de maximizar la oferta mundial de alimentos, que al menos, por ahora, es suficiente para enfrentar las necesidades globales (Murphy, 2007).

Alzas en los precios de los *commodities* agrícolas son buenas noticias para los productores agrícolas, pero esto tienen un impacto adverso en los consumidores más pobres, ya que deben gastar una mayor proporción de sus ingresos en alimentos (IFPRI, 2008). En efecto, como se expone en el cuadro VII-1, para un consumidor en un país de altos ingresos un alza de 30% en el precio de los alimentos implica un alza de 3% en su gasto de alimentos. En el caso de un consumidor de un país de bajos ingresos esa misma alza de precios implica un aumento de 15% en su gasto en alimentos. También existen diferencias dependiendo de si se trata de hogares productores netos o consumidores netos de alimentos (Shmidhuber, 2007). En general, los pequeños agricultores son productores netos de alimentos, por lo que se esperarían beneficios generales en el bienestar y en la seguridad alimentaria debido a los aumentos en los ingresos de los cultivos para producir biocombustibles y en los cultivos de alimentos (Peskett et al., 2007). Se espera que los efectos más negativos se den en el caso de los consumidores pobres en áreas urbanas que deben comprar todos sus alimentos (Dufey et al., 2007a).

Desde esta perspectiva, y comparando entre distintos *feedstocks*, es probable que el bioetanol en base a caña de azúcar y el biodiesel en base a soya, que son cultivos energéticos relevantes en el contexto de los países de América Latina y el Caribe, proporcionen oportunidades más limitadas para alcanzar una seguridad alimentaria para el caso de pequeños agricultores. Ello debido a que en general presentan una estructura de tenencia de la tierra altamente concentrada, con esquemas de producción a gran escala y con poco involucramiento de pequeños productores. Además, existe consenso en que

hogares en las zonas rurales más pobres, pese a ser productores de cultivos agrícolas (de subsistencia), en su mayoría corresponden a compradores netos de alimentos (Dufey et al., 2007a; IFPRI, 2008).

**CUADRO VII.1**  
**IMPACTO DE ALZAS EN PRECIOS DE LOS *COMMODITIES* AGRÍCOLAS EN LOS**  
**PRESUPUESTOS DE LOS CONSUMIDORES**

Escenario	Países de altos ingresos	Países de bajos ingresos y con déficit alimentario
<i>Situación Inicial</i>		
Ingresos	€ 40,000	€ 1,000
Gasto en alimentos	€ 4,000	€ 500
Costo de alimentos como % del ingreso	10%	50%
<i>Aumento de 30% en precios de alimentos</i>		
Nuevos costos para gastos totales en alimentos	€ 5,200	€ 650
Costo de alimentos como % del ingreso	13%	65%

Fuente: Banse et al., 2008.

## D. Temas clave para países de América Latina y el Caribe

Del análisis anterior surgen los siguientes temas clave a ser considerados por los países de ALC.

**Alza en los precios de alimentos se mantendrá en el largo plazo siendo los biocombustibles un factor más de influencia:** Los vínculos entre la producción de biocombustibles y la seguridad alimentaria sólo recién comienzan a ser entendidos. La expansión del mercado de los biocombustibles para satisfacer los ambiciosos mandatos de penetración de los países crea una presión adicional sobre la demanda de cultivos agrícolas afectando al alza los precios internacionales. Sin embargo, los biocombustibles son sólo un factor, dentro de muchos otros, afectando los precios. Otros factores incluyen problemas climáticos, baja en inventarios, especulación y un mayor precio del petróleo. Proyecciones indican que esta tendencia se mantendrá en el largo plazo. Por ejemplo, el informe *Perspectivas de la Agricultura OECD-FAO 2010-2019* indica que el alza en los precios de los *commodities* agrícolas persistirá; si bien en niveles inferiores al peak mostrado en 2007-2008, éstos se mantendrán en niveles superiores a los de la década anterior (1997-2006) (OECD-FAO 2010).

**A mayor precio del petróleo mayor será el vínculo entre los biocombustibles y seguridad alimentaria:** Otro punto clave a tener presente es que si bien, históricamente, hasta 2005 la correlación entre los precios del petróleo y de los biocombustibles había sido insignificante, a partir de 2005 esta se torna significativa, lo que coincide con la aprobación del Energy Policy Act en los EE.UU, la creación de un mercado de contratos futuros para el bioetanol y el alza en los precios del petróleo (Peñaranda y Rupérez 2009). Cuanto mayor sea el precio de largo plazo del petróleo - y mayor la probabilidad de tornar rentable la producción de biocombustibles en base a distintos *feedstocks* (ver gráfico III.18 en capítulo III) mayor será el vínculo entre el mercado de los biocombustibles y los alimentos. UNIDO (2009) sugiere que, en el largo plazo, los biocombustibles más que contribuir a un alza en los precios per sé, contribuirán a desacelerar las caídas en los precios reales de los alimentos.

**Necesidad de abordar los vínculos entre biocombustibles y seguridad alimentaria a nivel de cultivo energético específico:** Los impactos sobre los precios de los *commodities* agrícolas varían ampliamente dependiendo del cultivo energético en cuestión. Mientras que para el caso de cereales como el maíz y oleaginosas los impactos sobre los precios son bastante altos, en el caso de la caña de azúcar los impactos sobre los precios serían menores. Ello es importante, pues cultivos como el maíz y la soya son los cultivos de mayor relevancia para la dieta de los países de América Latina, por lo que sus vínculos sobre la seguridad alimentaria deben ser analizados y comprendidos en profundidad.

**Vínculos entre biocombustibles y seguridad alimentaria no son necesariamente negativos y se deben analizar en un contexto de impactos sobre disponibilidad y accesibilidad:** Los países de América Latina y el Caribe antes de embarcarse en la producción de biocombustibles deben realizar un riguroso análisis de los impactos sobre la seguridad alimentaria en sus países. Dichos impactos deben ser analizados en un contexto amplio involucrando tanto la dimensión de disponibilidad (cambios en su producción) como de accesibilidad (cambios en los niveles de ingreso) de la seguridad alimentaria y en conjunto con una previa identificación de la línea base sobre seguridad alimentaria que existe en cada país. Aquellos países de mayor vulnerabilidad son aquellos importadores netos de alimentos y de energía. Al interior de éstos, aquellos consumidores urbanos que gastan una mayor proporción de sus ingresos en alimentos son los de mayor riesgo de verse afectados. Con todo, la primera prioridad de los gobiernos debe ser cerciorarse que la futura demanda de alimentos está asegurada y sólo donde existen excedentes destinarlos a la producción de biocombustibles.

**Efectos de cambios en precios internacionales sobre los precios domésticos depende de los mecanismos de transmisión:** Los gobiernos de la región deben tener presente que el impacto de cambios en los precios internacionales de los *commodities* agrícolas sobre los precios domésticos no es inmediato ni directo. De hecho, los precios domésticos de los alimentos no se relacionan fuertemente con los precios internacionales de alimentos o de la energía, ya que los mecanismos de transmisión de precios no son directos (Hazell et al., 2005; CEPAL-FAO-IICA, 2011) y varían de país en país dependiendo de la transparencia del mercado. Por ejemplo, las existencia de políticas de precios distorsionantes sobre la agricultura como la fijación de precios, bandas de precios y barreras comerciales, estructuras de poder de mercado, la lejanía de algunas áreas rurales o infraestructura pobre que comúnmente rigen en los mercados de productos básicos agrícolas, son elementos cruciales previniendo que cambios en los precios mundiales se reflejen a nivel doméstico. Esto puede implicar que los agricultores no enfrenten los incentivos de precio para cambiar la producción de cultivos energéticos a la par con los cambios en los precios internacionales. Luego, los gobiernos de los países de América Latina y el Caribe deben identificar la existencia de estas distorsiones y analizar en qué medida afectan sus precios domésticos.

**Respuestas de política de los gobiernos ante alzas en los precios pueden tener efectos contraproducentes:** En respuesta al alza de los precios de los alimentos de los años 2007-2008, muchos países comenzaron a tomar medidas de política para proteger o reducir el impacto del alza en el precio internacional de los *commodities* agrícolas sobre los consumidores locales. Sin embargo, dichas medidas, por lo general, resultaron en mayores niveles de ajuste y precios más altos en los mercados internacionales (Banse et al., 2008). Por ejemplo, países exportadores introdujeron políticas para desincentivar las exportaciones y mantenerlas dentro del mercado doméstico con el objetivo de incrementar la oferta doméstica de alimentos y restringir el alza en los precios. Sin embargo, estas políticas tuvieron un efecto adverso al restringir la oferta global y poner presión al alza en los precios enfrentados por los países importadores al incrementar la competencia por la oferta disponible (Dollive, 2008). Por ejemplo, Argentina elevó los impuestos sobre las exportaciones de trigo, maíz, porotos de soya, tortas de soya y aceite de soya e impuso restricciones cuantitativas sobre el volumen de trigo a ser exportado (Banse et al., 2008). AGri-Canadá (citado por Banse et al., 2008) al cuantificar los impactos de estas respuestas de política sugiere que éstas contribuyen con puntos porcentuales adicionales al alza en los precios internacionales, donde para el caso del arroz, por ejemplo, el impacto adicional fue de un 16%. Por otro lado, el almacenamiento ante emergencias nacionales y locales de productos básicos clave para la seguridad alimentaria, sobre todo en países de bajos ingresos e importadores de alimentos, puede aumentar la confianza en el acceso a los alimentos en épocas de crisis y ayudar a estabilizar los mercados locales (OECD-FAO, 2010). Luego toda medida a tomar por los gobiernos, debe ser analizada cuidadosamente, incluyendo tanto sus impactos domésticos como en terceros países (CEPAL-FAO-IICA, 2011).

## VIII. Conclusiones y recomendaciones

### A. Conclusiones

El fuerte desarrollo presentado por la industria de los biocombustibles en los últimos años, tanto a nivel global como en los países de América Latina y el Caribe, se ha ido dando gracias a la existencia de ambiciosas políticas de promoción de los gobiernos y no por fuerzas de mercado propiamente tal. Hoy en día la gran mayoría de los países del mundo, incluyendo los de América Latina y el Caribe, poseen algún tipo de política o instrumento para favorecer su desarrollo.

Entusiasmados por la experiencia brasileña en la producción de bioetanol y el alza en los precios del petróleo de los últimos años, los países de la región han comenzado a promover agresivamente el desarrollo endógeno de industrias de biocombustibles con el fin de satisfacer diversos objetivos de política clave tales como el promover una mayor independencia energética, sustituir importaciones de combustibles fósiles y promover desarrollo local a través de la creación de empleo rural y el fomento a la inversión. En menor medida, la materialización de un nuevo sector exportador o bien el logro de objetivos ambientales también se añaden a la lista de objetivos de política buscados.

Sin embargo, se trata de industrias de biocombustibles en sus inicios, con marcos de política de promoción muy recientes y que se encuentran en su mayoría en plena fase de desarrollo e implementación. A excepción de Brasil que posee una industria y un marco legal plenamente consolidados para el bioetanol en base a caña de azúcar, y muy recientemente Colombia y Argentina aunque a una escala mucho menor, en el resto de los países de América Latina y el Caribe dichas industrias se encuentran recién en sus comienzos, con marcos regulatorios más bien en fase de diseño y desarrollo. Así, sólo los países arriba mencionados poseen hoy una capacidad de producción de biocombustibles significativa.

Las políticas gubernamentales han jugado y seguirán jugando un rol clave en el desarrollo de industria. No obstante, se debe considerar que estas políticas son costosas y de largo plazo y por lo tanto su costo-efectividad debe ser evaluado *vis-a-vis* de los objetivos de política establecidos tras la promoción de los biocombustibles. Luego, los gobiernos deben asegurar que los beneficiarios de dichas políticas son aquellos grupos objetivo que inicialmente se deseaba beneficiar con estas políticas de promoción (como pequeños agricultores, etc.). Todo lo anterior pone de manifiesto la necesidad de ser cautos, establecer objetivos de política razonables para los biocombustibles y acompañar de instrumentos de promoción coherentes y desarrollar una capacidad de implementación adecuada.



Existe consenso en que el tema de los costos de producción es y seguirá siendo un tema crítico para la viabilidad económica de la industria de los biocombustibles, ya que hoy en día se trata de mercados creados por políticas gubernamentales plasmadas en ambiciosas metas de penetración y generosos incentivos fiscales y no por fuerzas de mercado propiamente tal. El precio del petróleo es y seguirá siendo el principal determinante de la viabilidad económica, lo cual lo hace al menos por dos vías. Cambios en el precio del petróleo afectan el precio de referencia enfrentado por los biocombustibles y a su vez también afectan los costos de producción ya que incide en los costos de insumos clave como son los fertilizantes y otros agroquímicos. Además la alta volatilidad del precio del petróleo hace entonces que la inversión en biocombustibles sea riesgosa. Por otro lado, la viabilidad económica también se ve afectada por la capacidad de desarrollar co-productos y en el largo plazo, de organizar la industria en torno al concepto de biorefinerías.

En aquellos países que tengan como objetivo estratégico el desarrollo de una industria orientada a la exportación, su logro dependerá, adicionalmente de contar con las ventajas competitivas necesarias para la producción de cultivos energéticos —lo que hoy se restringe a países como Brasil, Argentina y Colombia—, en su capacidad para expandir su oferta en forma costo-efectiva. Más allá de los costos económicos directos de producción, ello implicará ser capaces de sortear las restricciones comerciales existentes en los mercados importadores, ello en un contexto de una industria que considerando su carácter estratégico, el proteccionismo es la regla y no la excepción. Además, se deberá producir en concordancia con los estándares técnicos y ambientales relevantes en los mercados importadores los cuales se perfila serán cada vez más relevantes, así como desarrollar la infraestructura de transporte —terrestre y vial— adecuada para alcanzar los mercados exportadores en forma oportuna.

Desde el punto de vista ambiental, existen riesgos y oportunidades, los cuales varían significativamente dependiendo del tipo de *feedstock*, método de cultivo y zona geográfica en cuestión. Entre las oportunidades clave se incluyen mejoras en la calidad del aire debido a reducciones en la mayoría de las emisiones locales y menores emisiones directas de GEI respecto de los combustibles fósiles. El problema ambiental agregado más significativo provendría de la fase de producción del cultivo energético, donde se relevan como los impactos de mayor cuidado aquellos asociados a cambios en el uso de la tierra, especialmente las resultantes emisiones de GEI así y como los potenciales efectos sobre ecosistemas sensibles. La disponibilidad de agua también surge como un tema crucial en algunos contextos. Estos problemas serán especialmente agudos en circunstancias de producciones a gran escala, que es la práctica más recurrente en la producción de cultivos energéticos a nivel de los países de América Latina y el Caribe.

Muchos de estos impactos pueden ser mitigados o abordados, especialmente aquellos que se dan a nivel de la unidad productiva. El uso de cultivos energéticos adecuados a las condiciones presentes en cada zona geográfica, la identificación de tierras marginales aptas para destinar al cultivo de *feedstocks*, la introducción de buenas prácticas agrícolas y la adopción de cambios tecnológicos son todos elementos cruciales para abordar la mitigación de posibles impactos ambientales. Los impactos ambientales externos a la unidad productiva, como son las emisiones de GEI indirectas o impactos sobre ecosistemas sensibles, son más difíciles de abordar. El desarrollo de herramientas para la cuantificación de dichos impactos así como el reforzamiento y fiscalización del cumplimiento de la política ambiental surgen como elementos clave para avanzar en la mitigación de estos impactos ambientales.

Desde la perspectiva social, la promoción de desarrollo y empleo rural mejorando las condiciones de los pequeños agricultores y sus medios de vida surge como uno de los objetivos primordiales de los gobiernos de la región para incentivar la producción de biocombustibles. Si bien existe un potencial importante para la materialización de dichos objetivos, también existen riesgos e importantes *trade-offs* que se deberán considerar y sopesar. En ese sentido, en aquellos países en que la promoción de los biocombustibles persigue el doble objetivo estratégico de desarrollo rural junto a un polo de exportación un tema clave que surge para los gobiernos es la necesidad de promover la co-existencia de sistemas de producción a gran y pequeña escala. Mientras que los sistemas a gran escala son, por lo general, globalmente competitivos y orientados a la exportación, los sistemas a pequeña escala ofrecen mayores oportunidades para la creación de empleo y reducción de la pobreza. Este es y

será un tema crucial en la definición de los beneficios que los biocombustibles tendrán en el contexto de los países de América Latina y el Caribe, considerando que el modelo de producción prevaleciente son las producciones a gran escala. Por otro lado, las políticas de apoyo a los biocombustibles poseen su mayor impacto sobre los multiplicadores sociales y económicos cuando involucran a pequeños productores. Lo anterior plantea la necesidad de identificar modelos que equilibren la co-existencia de ambos sistemas de producción, asegurando una justa distribución de ganancias a lo largo de la cadena de valor e involucrando a pequeños productores. Finalmente, se identifican también riesgos de desplazamiento de grupos vulnerables, especialmente donde no existen derechos de propiedad claramente establecidos o estructuras legales débiles, riesgo que aumenta en contextos de producciones extensivas.

En cuanto a los vínculos entre los biocombustibles y la seguridad alimentaria, los impactos recién comienzan a ser entendidos. La expansión del mercado de los biocombustibles para satisfacer los ambiciosos mandatos de penetración de los países crea una presión adicional sobre la demanda de cultivos agrícolas afectando al alza los precios de *commodities* agrícolas internacionales. Sin embargo, los biocombustibles son sólo un factor, dentro de muchos otros —incluyendo problemas climáticos, baja en inventarios, especulación y un mayor precio del petróleo— afectando estos precios. Así, los países de América Latina y el Caribe antes de embarcarse en la producción de biocombustibles deben realizar un riguroso análisis de los impactos sobre la seguridad alimentaria en sus países. Dichos impactos deben ser analizados en un contexto amplio involucrando tanto la dimensión de disponibilidad (cambios en su producción) como de accesibilidad (cambios en niveles de ingreso) de la seguridad alimentaria y en conjunto con una previa identificación de la línea base de la seguridad alimentaria existente en cada país. Los países de mayor vulnerabilidad son aquellos importadores netos de alimentos y de energía. Al interior de estos, aquellos consumidores que gastan una mayor proporción de sus ingresos en alimentos son los de mayor riesgo de verse afectados. Considerando que los impactos sobre los precios de los *commodities* agrícolas varían ampliamente dependiendo del cultivo energético en cuestión, se plantea la necesidad de abordar los vínculos entre biocombustibles y seguridad alimentaria a nivel de cultivo energético específico. Asimismo, se debe también considerar que los efectos de cambios en los precios internacionales sobre los precios domésticos dependen de los mecanismos de transmisión existentes en cada país. Finalmente, las respuestas de política de los gobiernos ante alzas en los precios pueden tener efectos contraproducentes sobre la seguridad alimentaria que los gobiernos deben considerar antes de su implementación.

En suma, los biocombustibles ofrecen oportunidades para el logro de objetivos económicos, ambientales y sociales en los países de América Latina y el Caribe; no obstante estas oportunidades no son homogéneas para todos y existen importantes riesgos y *trade-offs* que abordar. Pese a la existencia de impactos negativos y riesgos asociados a su desarrollo, existen oportunidades importantes especialmente en la promoción de desarrollo rural que los gobiernos pueden explorar. El punto clave radica en un involucramiento activo por parte de los gobiernos para establecer las condiciones necesarias para un desarrollo del sector que contribuya a los objetivos de política planteados. Ello implica tanto la realización de un adecuado diagnóstico de su situación particular —identificación de potencial de producción, cultivos energéticos adecuados y si acaso existen tierras disponibles— y sólo dependiendo de este resultado establecer objetivos de política para el desarrollo de la industria factibles a esos resultados, disponiendo de un marco político adecuado para un desarrollo sustentable de la producción con mínimos costos ambientales y máximo beneficios social, satisfaciendo los objetivos de política establecidos, a un costo razonable, y asegurando que los beneficiarios de las políticas son aquellos grupos de interés originalmente establecidos. Considerando, que los costos económicos son importantes y que hoy se cuestiona ampliamente la costo-efectividad de la industria, el que los gobiernos, por un lado, logren en el largo plazo junto al sector privado un desarrollo de la industria en torno al concepto de biorefinería (i.e. con diversos co-productos asociados), y por el otro, avancen en la identificación y cuantificación de los co-beneficios ambientales y sociales de los biocombustibles, resultarán cruciales para la viabilidad futura del sector. Adicionalmente, el diseño e implementación de salvaguardias adecuadas para no originar problemas sobre la seguridad alimentaria y no expandir la frontera agrícola hacia zonas no aptas resulta clave. Sin este involucramiento del gobierno, en coordinación con otros

actores relevantes, es poco probable que el sector se pueda desarrollar en forma efectiva o realizar una contribución significativa a los objetivos de política establecidos.

## B. Recomendaciones

A partir de lo anterior surgen recomendaciones de política en distintos niveles para los gobiernos de la región que deseen promover industrias de biocombustibles, entre las que se incluyen:

**Realizar rigurosos análisis de potencial de producción y sus posibles impactos:** Antes de embarcarse en la producción de biocombustibles los gobiernos requieren llevar a cabo análisis en profundidad de potencial de producción, incluyendo la realización de un adecuado diagnóstico de su situación particular, identificación de potencial de producción, cultivos energéticos adecuados, tecnología de producción y tierras disponibles. En dicho análisis también se deben identificar los posibles impactos ambientales, sociales y vínculos con la seguridad alimentaria que puedan surgir así como establecer posibles medidas para aprovechar sinergias y mitigar impactos negativos. Sólo a partir del resultado de este análisis los gobiernos deben determinar la conveniencia de promover o no el desarrollo del sector. La diversidad de temas a considerar hace que esto no sea una tarea trivial, por lo que los gobiernos se pueden apoyar en herramientas estratégicas para el desarrollo de biocombustibles como es el árbol de decisión desarrollado por el IIED o la “*Sustainable Bioenergy: Planning Strategically and Managing Risks in Investment Choices*” del UN Energy Renewable Energy Cluster, si bien esta última aún en fase de desarrollo.

**Desarrollar objetivos de política y marcos políticos adecuados para promover el desarrollo del sector:** Dependiendo de los resultados de potencial de producción y de sus posibles impactos aquellos países deseando promover el sector deben establecer los objetivos de política y marcos políticos adecuados para desarrollar el sector de biocombustibles. Se recomienda que este proceso los gobiernos lo realicen considerando diversos temas clave tales como:

- Las políticas deben responder al objetivo específico establecido para el desarrollo del sector. Por ejemplo, dependiendo del objetivo de política los gobiernos deben decidir qué tipo de modelo de negocios (a gran escala o cooperación entre gran y pequeña escala) se le proveerán los incentivos y mecanismos de forma de asegurar un acceso equitativo a la propiedad y al valor a lo largo de la cadena de producción.
- La especificidad local y horizonte de tiempo importan. Si bien la experiencia internacional existente en cuanto a políticas de promoción es importante, es también crucial tomar en consideración las particularidades de cada país o zona geográfica en cuestión. Asimismo, el horizonte de tiempo importa, los requerimientos de industrias en sus fases de inicio son distintos a aquellos de industria más maduras.
- El espacio de política o factibilidad para implementar políticas también se debe considerar. Aquellos países promoviendo industrias de biocombustibles con el objeto de reducir las importaciones de combustibles fósiles deben estar conscientes sobre qué tipos de instrumentos es factible aplicar a partir de una revisión de compromisos internacionales y/o acuerdos comerciales que se hayan adquirido.
- Los gobiernos deben revisar y eliminar políticas y prácticas ineficientes. Se recomienda a los gobiernos identificar y eliminar políticas y prácticas en los sectores agrícola, energético, comercial u otro relevante que puedan conllevar a ineficiencias en la producción o menoscabar los resultados de las políticas de promoción.
- Los gobiernos requieren promover el acceso a las tecnologías de biocombustibles, incluyendo aquellas más avanzadas. Ello podría involucrar, por ejemplo, promover el uso, transferencia y adaptación tecnológica a través de reducciones tarifarias a

maquinarias y facilitando los recursos humanos adecuados. Los gobiernos podrían aprovechar la experiencia de países más avanzados como es Brasil.

- Los gobiernos requieren promover el desarrollo de salvaguardias ambientales, inversión en buenas prácticas y adhesión a estándares de sustentabilidad de forma de incentivar el desarrollo de un sector de biocombustibles que genere el menor impacto ambiental posible.
- Los gobiernos deben establecer las condiciones que promueva el desarrollo de una industria inclusiva de pequeños productores, por ejemplo, como lo ha hecho el gobierno de Brasil a través del Sello Social para el desarrollo del Programa PROBIODIESEL.
- Los gobiernos deben promover acceso al crédito incluyendo acceso a créditos blandos, garantías, instrumentos de mitigación de riesgo y cooperación con organismos financieros internacionales para reducir el riesgo del sector.
- Los gobiernos deben evaluar y revisar periódicamente sus políticas de promoción. Las políticas de promoción de biocombustibles son costosas y los gobiernos deberán ir evaluando el costo de dichas políticas vis a vis los beneficios/objetivos de política que desean alcanzar, procurando que los grupos beneficiados son en efecto aquellos originalmente establecidos. Dichos resultados deben ser comparados con los de instrumentos alternativos para alcanzar esos mismos objetivos.
- Los gobiernos deben promover el desarrollo del sector en torno al concepto de biorefinerías, es decir, con diversos co-productos asociados que mejoren la viabilidad económica de la industria.
- Los gobiernos necesitan avanzar en la identificación y cuantificación de los co-beneficios ambientales y sociales de los biocombustibles para poder hacer una correcta evaluación de la costo-efectividad de sus políticas.
- Finalmente, a partir de la diversidad de temas a evaluar, se recomienda a los gobiernos la elaboración de *roadmaps* nacionales para el desarrollo de biocombustibles, los cuales incluyan la participación y compromiso de los distintos actores relevantes. La elaboración de dichos *roadmaps* permitirá maximizar las sinergias y coordinar los diferentes actores para materializar los objetivos deseados tras la promoción de biocombustibles.

**Asegurar coherencia de políticas y coordinación institucional:** La promoción de coordinación y coherencia entre las distintas instituciones y actores involucrados surge como recomendación crucial para los gobiernos. Entre las instituciones clave surgen los Ministerios de Agricultura, Energía, Industria, Medio Ambiente y Ciencia y Tecnología. El diseño de cualquier estrategia para promover el sector requiere estar alineada con las respectivas políticas sectoriales relevantes así y como con las Estrategias de Desarrollo Sostenible y de Reducción de la Pobreza que pudieran existir. Asimismo, se debe chequear la consistencia con compromisos internacionales relevantes. Finalmente, la participación informada sobre las decisiones de política de otros actores relevantes tales como agricultores, industriales, academia, entre otros, es importante.

**Impulsar el fortalecimiento de capacidades:** considerando la novedad del sector en la región, se recomienda que los gobiernos, en asociación con entidades nacionales e internacionales competentes, promuevan el fortalecimiento de capacidades en los distintos ámbitos relevantes. Entre ellos se incluyen:

- Promover el fortalecimiento de capacidades en el acceso, transferencia y adaptación tecnológica. Existe una diferencia notable entre aquellos países que ya poseen industrias de biocombustibles desarrolladas y significativas y aquellos que recién comienzan a promoverlas. Luego, se requiere el fortalecimiento adecuado de recursos humanos competentes en distintas tecnologías de producción y conversión.

- Promover el fortalecimiento de capacidades en instrumentos de política. Existe una amplia gama de instrumentos de promoción, cuya costo-efectividad depende de una diversidad de factores, incluyendo los objetivos de política, la fase de desarrollo de la industria, condiciones locales, co-beneficios ambientales y sociales asociados, capacidad política de implementación, etc., lo cual pone de manifiesto la necesidad de contar con formuladores de política especialmente capacitados en el diseño, implementación e iteración de dichos instrumentos.
- Promover el fortalecimiento de capacidades en estándares. La existencia de estándares técnicos y de sustentabilidad en la industria será cada vez más importante, especialmente en el contexto de un sector de biocombustibles orientado a la exportación. Luego, la necesidad de desarrollar una capacidad doméstica adecuada para participar activamente en el desarrollo de dichos estándares así y como darles cumplimiento al menor costo posible surge como una recomendación clave para los gobiernos.
- Promover el fortalecimiento de capacidades para reforzamiento y fiscalización de la política ambiental. Surge también como una recomendación clave para los gobiernos, considerando que en muchos países de la región más que la falta de regulación es la inadecuada fiscalización o implementación el principal problema para asegurar resultados ambientalmente adecuados.
- Promover el fortalecimiento de capacidades para asegurar una participación informada en la toma de decisiones por parte de los distintos actores involucrados es también una recomendación importante.

**Generar/promover la generación de información de base:** Los biocombustibles son un nuevo mercado cuyos impactos recién comienzan a ser estudiados. En particular, a nivel de los países de América Latina y el Caribe la información disponible se remite más bien al caso de Brasil en base a bioetanol de caña de azúcar y existe muy poca información documentada respecto de la experiencia e impactos en otros países y con otros *feedstocks*. Luego, surge como urgente la generación de información en los diversos ámbitos de interés de manera que los gobiernos y otros actores relevantes puedan tomar decisiones estratégicas respecto de la promoción de biocombustibles de la forma más informada posible. Áreas críticas en el contexto de los países de América Latina y el Caribe donde se requiere avanzar en la generación de información incluyen:

- Potencial de biomasa para la producción de biocombustibles
- Información básica sobre producción, comercio e inversión
- Disponibilidad de tierras marginales a partir de un análisis que incluya impactos sobre otros servicios ambientales y sociales de dichas tierras
- Documentar casos de estudio de los impactos económicos, sociales y ambientales de la producción de biocombustibles en países de la región y con distintos tipos de *feedstocks*
- Impactos sobre la emisión de GEI asociados a efectos indirectos de la producción de biocombustibles
- Impacto de las políticas nacionales de biocombustibles sobre el crecimiento, desarrollo rural, reducción de la pobreza y presupuestos nacionales
- Cuantificación de co-beneficios ambientales y sociales y potenciales *trade-offs*
- Impacto de políticas nacionales de biocombustibles sobre la seguridad alimentaria
- Elaboración de *roadmaps* nacionales para biocombustibles
- Identificación de nuevos modelos de negocios y de política que incluyen a los pequeños agricultores
- Mapeo de las distintas iniciativas para la certificación de la sustentabilidad de los biocombustibles.

## Bibliografía

- AIE (2008a), From 1<sup>st</sup> to 2<sup>nd</sup> Generation Biofuel Technologies. An overview of current industry and RD&D activities. Agencia Internacional de Energía (AIE). OECD/IEA, Noviembre.
- AIE (2008b) Energy Technology Perspectives to 2050. Agencia Internacional de Energía (AIE). OECD/IEA.
- Albán, M. y H. Cárdenas (2007), Biofuels Trade and Sustainable Development: The case of Ecuador's palm oil biodiesel, Working Document. International Institute for Environmental Development (IIED), Londres.
- Almirall, C. (2009), Biofuels and Land Use Change: Sugarcane and Soybean Acreage Response in Brazil. Student in Agricultural & Resource Economics at the University of California, Berkeley. Disponible en: <http://ssrn.com/abstract=1478094>
- Altieri, M. y E. Bravo (2007), La tragedia social y ecológica de la producción de agrocombustibles en el continente Americano. Disponible en: [www.foodfirst.org](http://www.foodfirst.org)
- Altieri, M. y W. Pengue (2006), GM soybean: Latin America's new colonizer. Seedling, January. Disponible en: [http://www.grain.org/seedling\\_files/seed-06-01-3.pdf](http://www.grain.org/seedling_files/seed-06-01-3.pdf)
- Bacon, R. y A. Mattar (2005), The Vulnerability of African Countries to Oil Price Shocks: Major Factors and Policy Options. The Case oil Importing Countries. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Bailey, R. (2007), Amenaza biocombustible ¿Por qué el objetivo de consumo de biocombustibles de la UE puede ser negativo para las personas pobres? Oxfam International. Disponible en: [http://www.oxfam.org.uk/resources/policy/trade/downloads/bn\\_biofuels\\_sp.pdf](http://www.oxfam.org.uk/resources/policy/trade/downloads/bn_biofuels_sp.pdf)
- Balch, O. y R. Carroll (2007), Massacres and paramilitary land seizures behind the biofuel revolution. The Guardian (UK). Creado el 05 de junio de 2007. Disponible en: <http://www.guardian.co.uk/international/story/0,,2095338,00.htm>
- Banse, M., P. Nowicki y H. van Meijl (2008), Why are current food prices so high? En Zuurbier y Van de Vooren, Sugarcane Ethanol: Contribution to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic Publishers, Holanda.
- BIOFRAC (2006), Biofuels in the European Union. A visión for 2030 and beyond. Final draft report of the Biofuels Research Advisory Council (BIOFRAC).

- Biofuels Taskforce (2005), Report of the Biofuels Taskforce to the Prime Minister. Biofuels Taskforce. Australian Government. Commonwealth of Australia.
- Biondi, A., M. Monteiro y V. Glass (2008), El Brasil de los Agrocombustibles: Impactos de los Cultivos sobre la Tierra, el Medio Ambiente y la Sociedad. ONG RepórterBrasil, Brasil.
- BioTop (2008), Recommendations on Research Needs for Sustainable Biofuel Production in Latin America. International Latin American – European Cooperation Workshop on: Sustainability in Biofuel Production. 25 y 26 de septiembre, Sao Paulo, Brasil.
- BioTop (2009a), Biofuels policies and legislation in Latin America, WP 2 – Task 2.6 – D2.4. Biofuels Assessment on Technical Opportunities and Research Needs for Latin America, August.
- Biotop (2009b), Overview of biofuel markets and biofuel applications in Latin America Biofuels WP4: Sustainability of biofuels production in Latin America Deliverable 2.3 Biotop Report, México, April.
- Borges, R. (2008), Experiencia Brasileña en la Gestión para el Desarrollo de los Biocombustibles. Presentación para 1<sup>er</sup> Seminario Internacional Jatropha Chile 2008, Santiago, Chile.
- Botta, G. y D. Selis (2003), Diagnóstico sobre el impacto producido por la adopción de la técnica de la técnica de siembra directa sobre el empleo rural, Una Recopilación. CADIR, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [www.unlu.edu.ar/~maqagro/Sd%20Botsels.pdf](http://www.unlu.edu.ar/~maqagro/Sd%20Botsels.pdf)
- Brown, L. (2009), Pan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization. Earth Policy Institute. Supporting Data. W. W. Norton & Company, New York. Disponible en: [http://www.earthpolicy.org/index.php?/books/pb4/pb4\\_data](http://www.earthpolicy.org/index.php?/books/pb4/pb4_data)
- Brown, L. (2011), World on the edge: How to prevent environmental and economic collapse. Earth Policy Institute. Washington DC.
- CA (2006), Ley 26.093 Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Sancionada: Abril 19 de 2006. Promulgada de Hecho: Mayo 12 de 2006. Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DNorAmb/File/Ley-de-biocombustibles%2026093.pdf>
- Camacho, V. (2007), Representative from the Ministry of Agriculture and member of the Biofuels Program Advisory Council. Entrevista realizada por Albán y Cárdenas para Biofuels Trade and Sustainable Development: The case of Ecuador's palm oil biodiesel, Working Document. International Institute for Environmental Development (IIED), Londres.
- Campbell, J., D. Lobell y C. Field (2009), Greater Transportation Energy and GHG Offsets form Bioelectricity Than Ethanol. Science Express, Mayo. Science Magazine.
- CE (2003a), Directiva 2003/30/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. Diario Oficial de la Unión Europea. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:ES:PDF>
- CE (2003b), Directiva 2003/96/CE del Consejo de 27 de octubre de 2003 por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad. Diario Oficial de la Unión Europea. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:283:0051:0070:ES:PDF>
- CE (2003c), Directive 2003/17/EC of the European Parliament and of the Council of 3 March 2003 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. Disponible en: <http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Chemistry/Documents/200317EC.pdf>
- CE (2003d), Reforma de la PAC. Acuerdo 26 de junio de 2003. Reforma PAC Junio 2003. Reglamento (CE) 1728/2003. Disponible en: <http://www.viaganadera.com/aseava/reformaPAC/articulos/29.pdf>
- CE (2005), Biomass action plan. Communication from the Commission {SEC(2005) 1573}. Commission of the European Communities (COM(2005) 628 final), Bruselas, 2005.
- CE (2007a), Note to the file. The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets. Impact assessment of the Renewable Energy Roadmap, March 2007. European Commission (AGRI G-2/WMD(2007)), Bruselas.

- CE (2007b), An energy policy for Europe. Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament {SEC(2007) 12}. Commission of the European Communities (COM(2007) 1 final), Bruselas, 2007. Disponible en: [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/01\\_energy\\_policy\\_for\\_europe\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/01_energy_policy_for_europe_en.pdf)
- CE (2009), Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 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 2003/20/CE (Texto pertinente a efectos del EEE). Diario Oficial de la Unión Europea. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ES:PDF>
- CEDA-OEA (2006), Evaluación de los Impactos Ambientales y Capacidad Institucional Frente al Libre Comercio. Secretaria General Departamento de Desarrollo Sostenible Organización de los Estados Americanos, Lima, Perú.
- CEPAL-FAO-IICA (2011), Volatilidad de precios en los mercados agrícolas (2000-2010): implicaciones para América Latina y opciones de política. Boletín CEPAL-FAO-IICA N° 1 (marzo).
- Clay, J. (2004), World agriculture and the environment: a commodity-by-commodity guide to impacts and practices. World Wildlife Fund.
- Cloin, J. (2007), Liquid biofuels in Pacific island countries. SOPAC Miscellaneous Report 628. Pacific Islands Applied Geoscience Commission, Suva, Fiji.
- CNE (2007), Circular N° 30 del 16 de mayo del 2007. Materia: Instruye sobre tratamiento tributario de los biocombustibles denominados biodiesel y bioetanol. Comisión Nacional de Energía (CNE). Disponible en: [http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03\\_Energias/Biocombustibles/normativas.html](http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03_Energias/Biocombustibles/normativas.html)
- Coelho, S. (2005), Biofuels – Advantages and Trade Barriers. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD).
- Conpes (2008), Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, D.C., marzo 31 de 2008. Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Conpes%203510.pdf>
- Costa, I. (2006), Bioenergy – The Brazilian Success Experience. Bioenergy World Forum, Verona 9-12 de febrero.
- Cotula, L., N. Dyer y S. Vermeulen (2008), Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land. International Institute for Environment and Development (IIED) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- De La Torre, D. (2005), The Contribution of Bioenergy to a New Energy Paradigm. Agricultural Policy Analysis Center – University of Tennessee.
- Delaunay, D. (2007), Los biocarburantes en Brasil. Parlamento Europeo. Dirección General de Políticas Exteriores de la Unión, Dirección B, Departamento Temático. Bruselas, Parlamento Europeo, octubre de 2007. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/nt/692/692070/692070es.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/nt/692/692070/692070es.pdf)
- Donzelli, J. (2005), Uso de fertilizantes na produção de cana-de-açúcar no Brasil. En: Macedo, A. Energia da Cana-de-Açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (UNICA).
- Dufey, A. (por publicar). “Instrumentos Fiscales y No-Fiscales a las Energías Renovables” Banco Inter-Americano de Desarrollo.
- Dufey, A. (2008), Impacts of sugarcane bioethanol towards the Millennium Development Goals. En Zuurbier y Van de Vooren, Sugarcane Ethanol: Contribution to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic Publishers, Holanda.
- Dufey, A. (2006), Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable: los grandes temas. Documento de Discusión N° 2 de Mercados Sustentables. Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo (IIED), Londres.



- Dufey A., S. Vermeulen y W. Vorley (2007a), Biofuels: Strategic Choices for Commodity Dependent Developing Countries. Common Fund for *Commodities* (CFC), November 2007. Disponible en: <http://www.common-fund.org/download/actualiteit/07Biofuels.pdf>
- Dufey, A. (sin fecha). Biofuels Production, Trade and Sustainable Development: Setting the Scene. International Institute for Environmental and Development (IIED), Londres
- Dufey, A., M. Ferreira y L. Togeiro (2007b), Capacity building in trade and environment in the sugar/bioethanol sector in Brazil, Final Report. International Institute for Environmental and Development (IIED).
- Duffield, J. (2006), Overview: Developing new energy sources from agriculture. Choices Magazine, Vol. 21, No. 1, pp. 5-7.
- E4tech, ECCM e icept (2005), Feasibility study on certification for a Renewable Transport Fuel Obligation. E4tech, The EDINBURG CENTRE for CARBON MANAGEMENT Ltd (ECCM), Imperial College London – Centre for Energy Policy and Technology (icept).
- EBB (sin fecha), Statistics. The EU biodiesel industry. European Biodiesel Board (EBB). European Biodiesel Board, 2003-2009. Consultado el 20 de abril de 2010. Disponible en: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>
- Echeverri-Campusano, H. (2002), Fuel Ethanol Program in Colombia. CORPODIB. Disponible en: <http://www.iea.org/work/2002/ccv/ccv1%20echeverri.pdf>
- Eisentraut, A. (2010), Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. Agencia Internacional de Energía (AIE). OECD/IEA 2010.
- Elobeid, A. y S. Tokgoz (2006), Removal of U.S. Ethanol domestic and Trade Distortions: Impact on U.S. and Brazilian ethanol Markets. Working Paper 06-WP 427. Center for Agricultural and Rural Development (CARD), Iowa State University.
- Embrapa (2008), I Plano Diretor da Embrapa Agroenergia 2008-2011-2023. Embrapa, Brasilia DF., Brasil.
- Energy Information Administration (2007), ‘Biofuels in the U.S. Transportation Sector’. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html>
- Faaij, A. (2008), Biofuel conversion technologies. En Zuurbier y Van de Vooren, Sugarcane Ethanol: Contribution to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic Publishers, Holanda.
- FAO (2007), A Review of the Current State of Bioenergy Development in G8+5 Countries. Global Bioenergy Partnership, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- FAO (2008), The State of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.
- FAO (2009), Situación de los bosques del mundo 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.
- FAO Food Price Index (sin fecha). World Food Situation. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/en/>
- FAO-PISCES (2009), Small-Scale Bioenergy Initiatives: Brief description and preliminary lessons on livelihood impacts from case studies in Asia, Latin America and Africa, Final Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Policy Innovation Systems for Clean Energy Security (PISCES).
- FAPRI (2010), U.S. and World Agricultural Outlook. Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI). Iowa State University, University of Missouri-Columbia, EE.UU.
- Fearnside, P. (2001), Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. Environmental Conservation, Cambridge University Press. Foundation for Environmental Conservation.
- Fundación Chile (2008), Tendencias Tecnológicas y Oportunidades para Chile en Energías Renovables No Convencionales, Fundación Chile, Santiago
- Giarraca, N. y M. Teubal (2005), El campo argentino en la encrucijada. Estrategias y resistencias sociales, ecos en la ciudad. Alianza Editorial, Buenos Aires.

- Gibson, L. (2010), RFS2 reduces 2010 cellulosic ethanol requirement. Biomass Magazine. Creado el 3 de febrero de 2010. Consultado el 29 de abril de 2010. Disponible en: [http://www.biomassmagazine.com/article.jsp?article\\_id=3474](http://www.biomassmagazine.com/article.jsp?article_id=3474)
- Gonsalves, J. (2006), An Assessment of the Biofuels Industry in India. United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD/DITC/TED/2006/6.
- GRFA (2009), GHG Emission Reduction From World Biofuel Production and Use. Global Renewable Fuel Alliance (GRFA).
- Hebebrand, C. y K. Laney (2007), An Examination of U.S. and EU Government Support to Biofuels: Early Lessons. IPC Issue Brief 26. International Food & Agricultural Trade Policy Council.
- Hoefnagels R. et al., (2010), Greenhouse Gas Footprints of Different Biofuels Production Systems. *Renew Sustain Energy Rev*, doi:10.1016/j.rser.2010.02.14
- Honty, G. y E. Gudynas (2007), Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Situación, Desafíos y opciones de acción. Observatorio del desarrollo, Centro Latinoamericano de Ecología Social (CLAES) y Desarrollo, Economía, Ecología y Equidad América Latina (D3E).
- Horta, L. (2004), Aspectos Complementarios para la Definición de un Programa de Bioetanol en América. Convenio Central. Comisión económica para América Latina (CEPAL)/República Federal de Alemania.
- Horta, L. (2006), Potencial Económico y Ambiental del Etanol como Oxigenante en la Gasolina. Convenio Costarricense-Alemán de Cooperación Técnica, Proyecto Aire Limpio San José. MOPT, MS, MINAE y GTZ. Costa Rica.
- IFPRI (2008), What goes down must come up: Global Food Prices Reach New Heights. IFPRI Forum, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Marzo. Disponible en: <http://www.ifpri.org/PUBS/newsletters/IFPRIForum/if21.pdf>
- IICA (2007), Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, san José, Costa Rica.
- inflationdata.com (2010), Historical Crude Oil Prices (Table). Updated March 11, 2010. Consultado el 09 de abril de 2010. Disponible en: [http://inflationdata.com/inflation/inflation\\_Rate/Historical\\_Oil\\_Prices\\_Table.asp](http://inflationdata.com/inflation/inflation_Rate/Historical_Oil_Prices_Table.asp)
- Jank, M., G. Kutas, L. do Amaral y A. Nassar (2007), EU and U.S. Policies on Biofuels: Potential Impacts on Developing Countries. The German Marshall Fund of the United States (GMF).
- Johnson, F. y F. Rosillo-Calle (2007), Biomass, Livelihoods and International Trade – Challenges and Opportunities for the EU and Southern Africa. Climate and Energy Report 2007-01. Stockholm Environment Institute, Suecia.
- Johnston, M. y T. Holloway (2006), A Global Comparison of National Biodiesel Production Potentials. Center for Sustainability and the Global Environment, University of Wisconsin, EE.UU.
- Johnson, F., V. Seelbaluck, H. Watson y J. Woods (2006), Bioethanol from sugarcane and sweet sorghum in Southern Africa: Agro-Industrial Development, Import Substitution and Export Diversification in Linking Trade, Climate Change and Energy. ICTSD Trade and Sustainable Energy Series, International Centre for Trade and Sustainable Development, Ginebra, Suiza, Noviembre.
- Kaltner, F., G. Azevedo, I. Campos y A. Mundim (2005), Liquid Biofuels for Transportation in Brazil. Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21<sup>st</sup> Century. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS).
- Kojima, M. y T. Johnson (2005), Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries. Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP). The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C.
- Koplow, D. (2006), Biofuels – At what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States. The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD), Ginebra, Suiza.

- Kutas, G y Lindberg, C. (2006), *Biofuels – At what Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the European Union for the Global Subsidies Initiative (GSI)*, the International Institute for Sustainable Development (IISD), Geneva.
- LAICA (2006), *Informe Estadístico Zafra 2005-2006*, Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Disponible en: <http://www.laica.co.cr/docs/Zafra2006/index.swf>
- Langevin, M. (2005), *Fuelling Sustainable Globalization: Brazil and the Bioethanol Alternative*, en *InfoBrazil*, 17–23 de septiembre, 2005. Disponible en: [http://www.infobrazil.com/Conteudo/Front\\_Page/Opinion/Conteudo.asp?ID\\_Noticias=972&ID\\_Area=2&ID\\_Grupo=9](http://www.infobrazil.com/Conteudo/Front_Page/Opinion/Conteudo.asp?ID_Noticias=972&ID_Area=2&ID_Grupo=9)
- Lobato, V., J. Hilbert, A. Tarifa, E. Mantovani, M. González, E. Álvarez y J. Sawchick (2007), *Metodología para optimizar el análisis de materias primas para biocombustibles en los países de Cono Sur*. PROCISUR, IICA, Montevideo.
- Macedo, IC. (1995), *Converting Biomass to Liquid Fuels: Making Bioethanol from Sugar Cane in Brazil* en Goldemberg, J. y T.B. Johansson (eds) *Energy As An Instrument for Socio-Economic Development*. United Nations Development Programme (UNDP), Nueva York.
- Macedo, IC., M. Lima Verde y J. Azevedo (2004), *Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil*. Government of the State of Sao Paulo, Secretariat of the Environment. Marzo.
- Macedo, IC. (2005), *A Energia da Cana-de-Açúcar. Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade*. União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (UNICA).
- Macedo IC., Seabra J., Silva J. (2008), *Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020*, *Biomass and Bioenergy* Vol. 32 No. 4 pp: 582 – 595, ELSEVIER
- Martinez, H. (2006), *Colombia: Biodiesel Push Blamed for Violations of Rights*. Inter Press Service. Creado el 05 de diciembre de 2006. Disponible en: <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=35722>
- Mayers, J. y S. Vermeulen (2002), *From raw deals to mutual gains: company-community partnerships in forestry*. Instruments for Sustainable Private Sector Forestry Series. International Institute for Environment and Development (IIED), Londres, Inglaterra.
- Mesa, J. (2009), *Programa de biodiesel en Colombia y su potencial para la generación de energía eléctrica*. Presentación para Segundas Jornadas de Generación, Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica. Fedepalma, Bogotá.
- Mingorance, F. (2007), *The flow of palm oil Colombia – Belgium/Europe. A study from a human rights perspective*. Conducidopor Human Rights Everywhere (HREV) para Coordination Belge pour la Colombie (CBC).
- Moreira, J. (2005), “Agreeing and Disagreeing” in *Policy Debate on Global Biofuels Development*. Renewable Energy Partnerships for Poverty Eradications and Sustainable Development. Partners for Africa/Stockholm Environment Institute. Disponible en: [www.sei.se/red/RED-June-2005.pdf](http://www.sei.se/red/RED-June-2005.pdf)
- Moreira J.R (2007), *Water Use and Impacts Due Ethanol Production in Brazil* National Reference Center on Biomass, Institute of Electrotechnology and Energy – CENBIO/IEE, Sao Paulo, University of São Paulo.
- Murillo, C. (2007), *Biofuels trade and sustainable development: the case of sugarcane bioetanol in Costa Rica*, Working Document. International Institute for Environment and Development (IIED), Londres. Disponible en: <http://www.iied.org/pubs/display.php?o=G02288>
- Murphy, S. (2007), *The multilateral trade and investment context for biofuels: Issues and challenges*. International Institute for Environment and Development (IIED), Londres – Institute for Agriculture and Trade Policy, Minneapolis.
- Neiman, G. y G. Quaranta (2000), *¿Trabajo flexible o producción flexible? Sobre los cambios en la organización del trabajo en la agricultura*. Ponencia presentada en III Congreso ALAST. México DF, México.

- NextFuel (2009), Colombia producirá bioetanol de yuca. Creado el 20 de julio de 2009. Consultado el 14 de abril de 2010. Disponible en: <http://biodiesel.com.ar/1463/colombia-producira-bioetanol-de-yuca>
- Noronha, S. (2006), *Agribusiness and biofuels: an explosive mixture – Impacts of monoculture expansion on bioenergy production in Brazil*. Núcleo Amigos da Terra, Rio de Janeiro, Brasil. Disponible en: [http://www.natbrasil.org.br/Docs/biocombustiveis/biocomb\\_ing.pdf](http://www.natbrasil.org.br/Docs/biocombustiveis/biocomb_ing.pdf)
- NREL (2005), *National Renewable Energy Cost Trends, a forthcoming Renewable Energy Lab (NREL) Energy Analysis Office*. Presentation Available at: [http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves2005.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves2005.ppt)
- OECD (2007), *Biofuels for Transport: Policies and Possibilities*. OECD Observer, Policy Brief, November. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).
- OECD (2008), *Biofuel Support Policies. An Economic Assessment*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- OECD-FAO (2007), *Agricultural Outlook 2007-2016*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- OECD-FAO (2008), *Agricultural Outlook 2008-2017*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- OECD-FAO (2009), *Agricultural Outlook 2009-2018*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Oestling, A. (2001), *Bioethanol added to fuel*. Directorate General for Research-Directorate. European Parliament Briefing Note N° 07/2001 En Febrero.
- OLADE (sin fecha), *Sistema de Información Energética Legal (SIEL)*. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Consultado el 16 de marzo de 2010. Disponible en: <http://siel.olade.org/consultas.aspx?palabra=biocombustibles>
- Parsons, K. (2005), *Jatropha in Africa fighting the desert and creating wealth*. Ecoworld. Disponible en: <http://www.ecoworld.com/energy-fuels/jatropha-in-africa.html>
- Patrouilleau, R., C. Lacoste, P. Yapura y M. Casanovas (2006), *Perspectivas de los biocombustibles en Argentina con énfasis en el etanol de base celulósica*. Fundación ArgenInta. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/intaComunidad/Images/soporte\\_digital/Biocombustibles\\_etanol\\_ligno\\_celulosico\\_2006\\_11\\_20.pdf](http://www.inta.gov.ar/intaComunidad/Images/soporte_digital/Biocombustibles_etanol_ligno_celulosico_2006_11_20.pdf)
- Pengue, W. (2005), *Transgenic Crops in Argentina: The Ecological and Social Debt*. Bulletin of Science Technology and Society.
- Peñaranda F. y Rupérez A. (2009), *The emergence of biofuels and the co-movement between crude oil and agricultural prices*, Universitat Pompeu Fabra and Barcelona GSE, Octubre.
- Peskett, L., R. Slater, C. Stevens y A. Dufey (2007), *Biofuels, Agriculture and Poverty Reduction*. Report prepared for the UK Department for International Development (DFID) Overseas Development Institute, Londres.
- RafiKhan, S., M. Yusuf, Adam Khan y R. Abbasy (2007), *Biofuels Trade and Sustainable Development: The Case of Pakistan*, Working Document. International Institute for Environment and Development (IIED), Londres.
- Razo C. Astete-Miller S., Saucedo A. y Ludeña C. (2007), *Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina*, Serie de Desarrollo Productivo No 178, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Junio, Santiago de Chile.
- REN21 (2009), *Renewables Global Status Report: 2009 Update*. Paris, REN21 Secretariat. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Rodríguez A. (2009), *Seguridad Alimentaria y Biocombustibles* en Dufey, A., Volpi, G., Rocha Teixeira, D., Horta, L., Leone, A., Honty, G., Hofmann, M., Albán, M., Cárdenas, H., y Rodríguez, A. *Biocombustibles como energía alternativa: Una mirada hacia la región*. Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental, Mayo, Quito
- Rodrigues D. y L. Ortiz (2006), *Sustainability of ethanol from Brazil in the context of demanded biofuels imports by the Netherlands*. Amigos da Terra Brasil y Vitae Civilis, Octubre.

- Rosegrant, M. (2008). Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Mayo. Disponible en: <http://www.ifpri.org/pubs/testimony/rosegrant20080507.pdf>
- Rothkopf, G. (2007), A Blueprint for Green Energy in the Americas: Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere. The Global Biofuels Outlook 2007. Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Washington, D.C.
- Sepeda, Á. (2006), Representative from PetroEcuador and Biofuel Program Technical Committee. Entrevista realizada por Albán y Cárdenas para Biofuels Trade and Sustainable Development: The case of Ecuador's palm oil biodiesel, Working Document. International Institute for Environmental Development (IIED), Londres.
- Severinghaus, J. (2005), Why we import Brazilian bioethanol. Iowa Farm Bureau Federation (IFBF).
- Shapouri, H., J. Duffield y M. Wang (2002), The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update. U.S. Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses. Agricultural Economic Report No. 814.
- Schmidhuber, J. (2007), Biofuels: An emerging threat to Europe's Food Security? Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: A longer-term perspective, Notre Europe.
- Secretaria General de La Presidencia de la República, sin fecha, Mesa de Diálogo para Perfeccionar las Condiciones de Trabajo en la Caña de Azúcar, Secretaria General de La Presidencia de la República, Gobierno de Brasil. Disponible en: [http://www.presidencia.gov.br/estrutura\\_presidencia/sec\\_geral/arquivos/cartilhacanaesp.pdf](http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/sec_geral/arquivos/cartilhacanaesp.pdf).
- Smeets, E., M. Junginger, A. Faaij, A. Walter y P. Dolzan (2006), Sustainability of Brazilian bioethanol. Copernicus Institute – Department of Science, Technology and Society, Utrecht University y State University of Campina (Unicamp).
- Stachetti, G., I. Aparecida, C. Buschinelli, M. Ligo, A. Moreno, R. Frighetto y L. Irias (2007), Socio-environmental impact of biodiesel production in Brazil. Journal of Technology Management & Innovation (JOTMI).
- Stern N. (2006). Stern Review on the Economics of Climate Change, UK HM Treasury
- Trostle, R. (2008). Global Agriculture Supply and Demand: Factors Contributing to the Recent Increase in Food Commodity Prices. ERS/USDA. WRS-0801
- Tyner, E. (2008), The Global Impacts of US and EU Biofuels Policies. En Zuurbier y Van de Vooren, Sugarcane Ethanol: Contribution to climate change mitigation and the environment. Wageningen Academic Publishers, Holanda.
- U.S. Congress (2002), The 2002 Farm Bill: Provisions and Economic Implications. Farm policy team. United States Department of Agriculture (USDA). Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/Publications/AP/AP022/AP022.pdf>
- U.S. Congress (2005), Energy Policy Act of 2005. Public Law 109-58. Agosto, 2006. Disponible en: [http://www.epa.gov/OUST/fedlaws/publ\\_109-058.pdf](http://www.epa.gov/OUST/fedlaws/publ_109-058.pdf)
- U.S. Congress (2006). Biomass Research and Development Act of 2000. Q:\COMP\AGRES\BIOMASS, Mayo. Disponible en: <http://www.biopreferred.gov/files/Biomass.pdf>
- U.S. Congress (2007), Energy Independence and Security Act 2007. Public Law 110-140. Diciembre. Disponible: [http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110\\_cong\\_public\\_laws&docid=f:publ140.110.pdf](http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_public_laws&docid=f:publ140.110.pdf)
- U.S. EIA (sin fecha), International Energy Statistics. U.S. Energy Information Administration (U.S. EIA). Independent Statistics and Analysis. Consultado el 19 de abril de 2010. Disponible en: <http://tonto.eia.doe.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>
- UICN (2007), Gender and Bioenergy. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Disponible en: <http://www.gender-climate.org/pdfs/FactsheetBioEnergy.pdf>
- UN (2005), 'Increasing Global Renewable Market Share-Recent Trends and Perspectives, Background Report, Beijing International Renewable Energy Conference' United Nations Department of Economic and Social Affairs

- UN-Energy (2007), Sustainable bioenergy: a framework for decision makers. Organización de las Naciones Unidas. Disponible en: <http://esa.un.org/un-energy/pdf/susdev.Biofuels.FAO.pdf>
- UNIDO (2009), Navigating Bioenergy: Contributing to informed decision making on bioenergy issues, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Viena,
- USEPA (2002a), Clean Alternative Fuels: Biodiesel. Transportation and Air Quality, Transportation and Regional Programs Division. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Disponible en: <http://assets.slate.wvu.edu/resources/527/1266353974.pdf>
- USEPA (2002b), Clean Alternative Fuels: Ethanol. Transportation and Air Quality, Transportation and Regional Programs Division. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Disponible en: <http://eerc.ra.utk.edu/etcfc/docs/EPAFactSheet-ethanol.pdf>
- USEPA (2002c), Clean Alternative Fuels: Fischer-Tropsch. Transportation and Air Quality, Transportation and Regional Programs Division. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Disponible en: [http://www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/epa\\_fischer.pdf](http://www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/epa_fischer.pdf)
- Von Braun J., K. Ahmed, S. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, R. Hoddinott, M. Pandya-Lorch, M. Rosegrant, M. Ruel, T. Torero, T. van Rheenen y K. von Grebmer (2008), High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions. IFPRI Policy Brief, Washington.
- Woods, J. y P. Read (2005), Arguments for Bioenergy Development. Policy Debate on Global Biofuels Development. Renewable Energy Partnership for Poverty Eradication and Sustainable Development. Partners for Africa/Stockholm Environmental Institute.
- Worldwatch Institute (2006), Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century. Worldwatch Institute, Washington, D.C.
- World Bank (2008), Rising Food Prices: Policy Options and World Bank Response. World Bank.
- Zarrilli, S. (2006), The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications. United Nations Conference on Trade and Development. United Nations (UNCTAD), Nueva York y Ginebra.