

# Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe



Decio Luiz Gazzoni

SERIE CRISIS GLOBAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

# Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe

Decio Luiz Gazzoni<sup>1</sup>



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo de la Universidad Federal de Río Grande do Sul, donde completó la Maestría en Entomología. Investigador de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA). Ex-Jefe General de EMBRAPA OESTE (Dourados), Ex-Jefe de EMBRAPA Soja (Londrina) y Ex-Director Técnico de la EMBRAPA (Brasilia). Autor de numerosos artículos en revistas profesionales, periódicos, actas de congresos y libros. Consultor en el ámbito de la agricultura, con énfasis en sanidad agropecuaria, bioenergía y economía agrícola. Ex- Miembro del Panel Científico Internacional de Energías Renovables (ISPRES-ICSU), Consultor Internacional del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Coordinador de la Red Brasileña de Tecnología de Biodiesel. Secretario Ejecutivo de la Cámara de Biodiesel y Oleaginosas. Asesor de la Secretaría de Asuntos Estratégicos de la Presidencia de la República.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009  
El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea  
citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en  
el sitio *web* institucional <http://www.iica.int>.

Coordinación editorial: Rafael Trejos y Tania López  
Corrección de estilo: Olga Patricia Arce  
Diagramado: Zona Creativa  
Diseño de portada: Ana Catalina Lizano  
Impresión: Imprenta IICA, Sede Central

**Las ideas y planteamientos expresados en este documento son propios  
del autor y no representan necesariamente el criterio del IICA.**

Gazzoni, Decio Luiz  
Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe  
/ Decio Luiz Gazzoni – San José, C.R.: IICA, 2009.  
118 p.; 21.5 x 28 cm.

ISBN13: 978-92-9248-100-1

1. Bioenergía 2. Combustibles 3. Biocarburantes 4.  
Alimentos 5. América Latina 6. Caribe I. IICA II. Título

AGRIS  
P06

DEWEY  
333.793

San José, Costa Rica  
2009

# Índice

<b>Presentación</b>	<b>9</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>11</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>15</b>
<b>2. Escenarios sobre la evolución de los biocombustibles según los cambios en la matriz energética global</b>	<b>25</b>
<b>3. Potencialidades, ventajas comparativas y estrategias por tipo de países</b>	<b>31</b>
<b>4. Posibles impactos socioeconómicos de la producción de biocombustibles</b>	<b>39</b>
4.1 Impactos sobre la oferta de alimentos, competencia por tierra y agua, sustitución de producción de alimentos	39
4.2 Modificaciones de los patrones de producción	60
4.3 Cambios en los precios de alimentos	60
4.4 Generación de empleo e ingresos	75
4.5 Modificaciones en la propiedad de la tierra	80
<b>5. Posibles impactos ambientales</b>	<b>83</b>
5.1 Escalas de producción	83
5.2 Requerimientos de agua y suelo	85
5.3 Manejo de desechos sólidos y líquidos	85
5.4 Monocultivos extensivos	85
5.5 Balance de energía, toxicidad, seguridad y reducción de emisiones	86
5.5.1 Análisis del biodiesel en relación con las emisiones de gases	89
5.5.2 Análisis del etanol en relación con las emisiones de gases	92
<b>6. Implicaciones institucionales y geopolíticas</b>	<b>95</b>
<b>7. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>101</b>
7.1 Conclusiones	103
7.2 Recomendaciones para la implementación de un programa sostenible de producción de biocombustibles en ALC	104

<b>Literatura consultada</b>	<b>107</b>
<b>Anexos</b>	<b>113</b>
Anexo 1. Notas explicativas sobre la metodología utilizada para los cálculos de demanda de alimentos y biocombustibles	113
Anexo 2. Principales restricciones físico-químicas de los suelos de los países de ALC	115
Anexo 3. Producción de gas natural en ALC	117
Anexo 4. Producción de petróleo en ALC	119
Anexo 5. Población de los países de ALC (miles de habitantes)	118

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b>	Distribución de las reservas probadas.	16
<b>Cuadro 2.</b>	Total de reservas probadas, reservas por descubrir y petróleo producido.	16
<b>Cuadro 3.</b>	Reservas mundiales de carbón (mt) (2007).	17
<b>Cuadro 4.</b>	Reservas mundiales de gas natural (tcm).	17
<b>Cuadro 5.</b>	Consumo per cápita de petróleo, en barriles por día.	17
<b>Cuadro 6.</b>	Estimación del consumo de petróleo, en millones de barriles por día.	18
<b>Cuadro 7.</b>	Producción de petróleo en millones de barriles por día.	19
<b>Cuadro 8.</b>	Restricciones físico-químicas de los suelos de América Latina.	33
<b>Cuadro 9.</b>	Área cultivada actual y potencial de expansión en ALC.	34
<b>Cuadro 10.</b>	Consumo de diesel en ALC.	37
<b>Cuadro 11.</b>	Consumo de gasolina en América del Sur y el Caribe.	38
<b>Cuadro 12.</b>	Datos demográficos de ALC.	39
<b>Cuadro 13.</b>	Población total, rural y urbana de ALC que utilizan leña para cocinar, en comparación con otras regiones y países emergentes.	42
<b>Cuadro 14.</b>	Uso del área por país de ALC (millones de hectáreas) al 2005.	51
<b>Cuadro 15.</b>	Densidad energética actual y estimada para diferentes biomásas cultivadas.	56
<b>Cuadro 16.</b>	Demanda de área agrícola.	56
<b>Cuadro 17.</b>	Incremento de precios de cereales sobre el año precedente.	63
<b>Cuadro 18.</b>	Incremento anual de la producción de cereales y relación entre utilización e inventarios finales.	63
<b>Cuadro 19.</b>	Porcentaje de la población que vive con hasta US\$1 o US\$2 por día.	64
<b>Cuadro 20.</b>	Cantidad de producto agrícola necesaria para adquirir una tonelada de fertilizante.	70
<b>Cuadro 21.</b>	Área de cultivos energéticos en el mundo.	75
<b>Cuadro 22.</b>	Empleos directos (dir.) e indirectos (ind.) generados en las cadenas de etanol y biodiesel, por millón de litros producidos.	76
<b>Cuadro 23.</b>	Área ocupada por cultivos energéticos y su relación con el área total cultivada y el área de expansión potencial de ALC.	80
<b>Cuadro 24.</b>	Ingresos de energía en la etapa agronómica de producción de biodiesel.	86
<b>Cuadro 25.</b>	Ingresos de energía en la etapa industrial de producción de biodiesel.	86
<b>Cuadro 26.</b>	Salidas de energía en un sistema de producción de biodiesel.	87
<b>Cuadro 27.</b>	Ingresos, salidas y balance de energía de diferentes materias primas para producción de biodiesel.	87
<b>Cuadro 28.</b>	Ingresos y salidas de energía (MJ/tc) y balance de energía en la producción de etanol de caña-de-azúcar.	88

<b>Cuadro 29.</b>	Emisiones de biodiesel en comparación con las emisiones de gasolina.	91
<b>Cuadro 30.</b>	Emisiones totales en el ciclo de vida del etanol (kg CO2 eq/m3).	92
<b>Cuadro 31.</b>	Balance de emisiones de CO2 (kg) para cada 1000 litros de combustible.	92
<b>Cuadro 32.</b>	Emisiones evitadas por utilización de etanol (tCO2eq/m3).	93
<b>Cuadro 33.</b>	Metas de participación de energías renovables en la matriz energética de la UE.	95
<b>Cuadro 34.</b>	Indicadores seleccionados sobre el avance de la energía renovable en términos globales.	96
<b>Cuadro 35.</b>	Incremento anual de la generación de energía (2002-2006).	96
<b>Cuadro 36.</b>	Inversiones globales en energía renovable en el 2007 (en billones de dólares estadounidenses).	96
<b>Cuadro 37.</b>	Tipos de políticas públicas adoptadas para incentivar el uso de biocombustibles.	99

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Intensidad energética del PBI para diferentes países (2005).	19
<b>Figura 2.</b>	Intensidad energética en millones de BTU de petróleo por un billón de dólares del PBI de los EE.UU.	19
<b>Figura 3.</b>	Producción de petróleo en los principales países productores de América Latina.	20
<b>Figura 4.</b>	Producción de gas natural en los principales países productores de ALC.	20
<b>Figura 5.</b>	Precios históricos del petróleo de 1860 a 2008. New York. Stock Exchange (NYSE), en valores actualizados al 2008.	21
<b>Figura 6.</b>	Emisiones de gases de efecto invernadero (en equivalentes de CO <sub>2</sub> ), por región del mundo.	22
<b>Figura 7.</b>	Distribución de las emisiones de CO <sub>2</sub> en los EE. UU, por sector.	22
<b>Figura 8.</b>	Emisiones pasadas y proyectadas de CO <sub>2</sub> en los países del Anexo I y los que no se contemplan en el Anexo I del protocolo de Kyoto.	23
<b>Figura 9.</b>	Matriz energética mundial.	25
<b>Figura 10.</b>	Matriz energética de ALC.	26
<b>Figura 11.</b>	Matriz energética de Brasil.	26
<b>Figura 12.</b>	Demanda de energía por sectores.	27
<b>Figura 13.</b>	Línea de tiempo de la evolución de la energía renovable.	28
<b>Figura 14.</b>	Evolución de los biocombustibles durante el siglo XXI.	29
<b>Figura 15.</b>	Evolución de las materias primas para producción de biocombustibles.	29
<b>Figura 16.</b>	Crecimiento de la población en ALC.	40
<b>Figura 17.</b>	Esperanza de vida al nacer para diferentes regiones del mundo.	40
<b>Figura 18.</b>	Esperanza de vida al nacer para ALC, proyectadas al 2050.	41
<b>Figura 19.</b>	Evolución del PBI en ALC.	41
<b>Figura 20.</b>	Tasa de inflación anual promedio en ALC.	41
<b>Figura 21.</b>	PBI per cápita en ALC.	41
<b>Figura 22.</b>	Porcentual de habitantes del medio urbano en ALC.	42
<b>Figura 23.</b>	Demanda de leña para cocinar en ALC.	43
<b>Figura 24.</b>	Demanda de área para producción de leña para cocinar en ALC.	43
<b>Figura 25.</b>	Demanda de área para producción de frijol en ALC.	44
<b>Figura 26.</b>	Demanda de área para producción de casava en ALC.	45
<b>Figura 27.</b>	Demanda de área para producción de arroz en ALC.	45
<b>Figura 28.</b>	Demanda de área para producción de maíz en ALC.	46
<b>Figura 29.</b>	Demanda de área para producción de soya en ALC.	47
<b>Figura 30.</b>	Demanda de área para producción de trigo en ALC.	47
<b>Figura 31.</b>	Demanda de área para producción de papa en ALC.	48
<b>Figura 32.</b>	Demanda de área para producción de hortalizas en ALC.	48
<b>Figura 33.</b>	Demanda de área para producción de algodón en ALC.	49
<b>Figura 34.</b>	Parámetros de la producción ganadera en ALC.	52
<b>Figura 35.</b>	Demanda de combustibles líquidos en América Latina.	53

<b>Figura 36.</b> Demanda de combustibles líquidos en el mundo.	53
<b>Figura 37.</b> Demanda de biocombustibles.	54
<b>Figura 38.</b> Demanda de área agrícola para cultivos energéticos destinados a la producción de biocombustibles.	54
<b>Figura 39.</b> Demanda de área global para producción de alimentos, fibra y biocombustibles.	55
<b>Figura 40.</b> Rendimiento promedio y área total de los principales cultivos anuales en ALC.	57
<b>Figura 41.</b> Parámetros de la agricultura brasileña.	58
<b>Figura 42.</b> Parámetros de la agricultura global.	58
<b>Figura 43.</b> Proyección de demanda de electricidad en ALC y de oferta de bioelectricidad por co-generación en la producción de etanol.	59
<b>Figura 44.</b> Índice general de precios de alimentos (2004=100).	61
<b>Figura 45.</b> Índice segregado de precios de alimentos, estimados al 2015.	61
<b>Figura 46.</b> Índice general de precios de alimentos de la FAO.	62
<b>Figura 47.</b> Índice de precios de alimentos de la FAO, segregados por productos.	62
<b>Figura 48.</b> Importaciones de soya en China.	64
<b>Figura 49.</b> Comercio internacional de maíz en China.	65
<b>Figura 50.</b> Mapa del hambre en el mundo según la FAO.	65
<b>Figura 51.</b> PBI per cápita mundial.	66
<b>Figura 52.</b> Relación entre el consumo de alimentos, población y renta per cápita.	66
<b>Figura 53.</b> Valor monetario y porcentual sobre la producción agrícola de los subsidios agrícolas de los países de la OCDE.	68
<b>Figura 54.</b> Tasa de cambio de diferentes monedas en relación con el dólar norteamericano.	69
<b>Figura 55.</b> Relación entre el índice de precios de alimentos y la tasa cambiaria del dólar norteamericano.	69
<b>Figura 56.</b> Evolución del costo de producción de soya.	70
<b>Figura 57.</b> Costo diario promedio de fletes de grandes graneleros.	71
<b>Figura 58.</b> Costo de fletes marítimos US/JP.	71
<b>Figura 59.</b> Precios de los aceites vegetales y del petróleo.	72
<b>Figura 60.</b> Cotización del trigo, en centavos de dólar por <i>bushel</i> , en la CBOT.	73
<b>Figura 61.</b> Destino de la producción de maíz de EE.UU.	74
<b>Figura 62.</b> Empleos generados en la cadena de producción de biodiesel.	77
<b>Figura 63.</b> Ingresos generados por la creación de empleos en la cadena de biodiesel.	77
<b>Figura 64.</b> Ingresos generados en la cadena de biodiesel, en las etapas de producción de materia prima y de su procesamiento.	78
<b>Figura 65.</b> Empleos generados en la cadena de producción de etanol.	78
<b>Figura 66.</b> Ingresos generados por la creación de empleos en la cadena de etanol.	79
<b>Figura 67.</b> Ingresos generados en la cadena de etanol, en las etapas de producción de materia prima y de su procesamiento.	80
<b>Figura 68.</b> Reducción porcentual de la emisión de gases de efecto invernadero del etanol, en relación con la gasolina.	93
<b>Figura 69.</b> Capacidad instalada global de generación de electricidad eólica y fotovoltaica.	97
<b>Figura 70.</b> Inversiones globales en la capacidad instalada de energía renovable.	97

## Presentación

**E**n el 2008 el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) inició un proceso de reflexión sobre la necesidad de revalorar la agricultura y la vida rural en las Américas, con base en su visión del desarrollo sostenible. Para ello se dio a la tarea de analizar temas críticos que permiten formular nuevas propuestas alternativas en un contexto internacional caracterizado por la alta volatilidad de los precios en los alimentos básicos.

Durante este proceso, se presentaron diversas crisis (de precios altos, energética y financiera) con alcances globales sin precedentes en la historia reciente. En el caso de la agricultura y el medio rural de las Américas, estos episodios marcaron un antes y un después en las prioridades de los gobiernos y en las estrategias de los países para enfrentar la recesión económica y sus implicaciones para el desarrollo, la seguridad alimentaria y el combate a la pobreza.

El análisis de este complejo contexto acumula desafíos de trasfondo, como el cambio climático, el incremento de la demanda de alimentos en países emergentes, la producción de bioenergía, los costos crecientes de los fletes internacionales, la especulación y la reducción de las reservas de alimentos, que tienen implicaciones para la institucionalidad agrícola y rural. Ese escenario revela la necesidad de revisar los enfoques tradicionales de las agencias de cooperación y financiamiento, así como la esencia de las medidas de política que adopten los países.

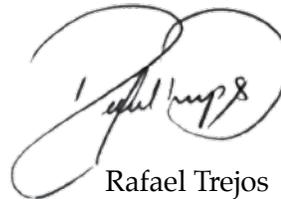
Con base en este proceso de análisis y reflexión, el IICA elaboró el documento titulado “Agricultura de América Latina y el Caribe: bastión ante la crisis mundial y motor para el desarrollo”, cuyo punto de partida fue repensar el modelo de desarrollo vigente y revalorar el papel de lo rural. Este proceso contribuyó, además, a la elaboración del Informe “Perspectivas de la agricultura y la vida rural: una mirada hacia América Latina y el Caribe”, como producto de una alianza entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el IICA.

Este informe será presentado en la V Reunión Ministerial “Agricultura y Vida Rural” por realizarse en octubre del 2009 en Jamaica. Como parte de este esfuerzo, también se elaboraron otros documentos de soporte que conforman la serie de publicaciones titulada: “Crisis global y seguridad alimentaria”.

Precisamente el documento “Biocombustibles y alimentos en ALC”, elaborado por el consultor Decio Luiz Gazzoni, forma parte de esta serie. El principal objetivo de este documento es analizar la situación actual de las reservas disponibles de fuentes de energía basadas en carbón fósil, en relación con el aumento de los precios de sus derivados, el uso político de las divisas provenientes del gas y del petróleo, sus impactos y la preocupación por los cambios climáticos globales.

En el documento también se analizan las implicaciones geopolíticas e institucionales del incentivo a los programas de biocombustibles y las necesidades de políticas públicas adecuadas y de cooperación regional para el éxito de los programas. Se brindan recomendaciones acerca de las oportunidades de producción de biocombustibles y las interfaces con la producción de alimentos en ALC.

También forman parte de esta serie otros estudios realizados por especialistas calificados, quienes han plasmado en sus escritos diversas alternativas para el mejoramiento de la agricultura y el medio rural. Toda la serie también está disponible en el sitio *web* [www.iica.int](http://www.iica.int) para su consulta en versión digital.



Rafael Trejos  
Director Encargado  
Unidad de Modernización Institucional-IICA

**E**l tema energía se encuentra en la agenda política y económica mundial desde hace tres décadas, pero en la última también ingresó en la agenda ambiental por la triple vía del problema de las emisiones de gases de efecto invernadero, debido al excesivo consumo de combustibles fósiles y a la necesidad de su mitigación, representada por la energía renovable, en especial por los biocombustibles.

El interés creciente de la sociedad global por los biocombustibles refleja la preocupación por la finitud de las reservas de fuentes de energía basadas en carbón fósil y el consecuente aumento de los precios de sus derivados. La disputa cada vez es más dramática por las últimas reservas disponibles, además del uso político de las divisas provenientes del gas y del petróleo, los impactos geopolíticos y la preocupación por los cambios climáticos globales, debido principalmente a la utilización excesiva de combustibles fósiles.

La concentración de reservas de petróleo en el mundo es un ejemplo dramático de los riesgos geopolíticos de la dependencia de fuentes fósiles. Arabia Saudita concentra el 30% de las reservas probadas del mundo. Tres países (Arabia Saudita, Irak e Irán) concentran el 50% de las reservas probadas y, juntamente con Kuwait y Venezuela, dominan el 75% de estas reservas. Esta concentración de la producción genera inseguridad en cuanto a la disponibilidad continua de energía por parte de los países importadores. La situación no es muy diferente cuando se examinan las reservas de gas e incluso de carbón. Por otra parte, la energía renovable posee una condición más “democrática”, en el sentido de que prácticamente

todos los países del mundo pueden producir alguna forma de energía renovable, en especial biocombustibles.

Para agravar el problema, el mundo demanda en el 2008 cerca de 140 millones de barriles de petróleo equivalentes por día (MBOD) y se estima que la demanda llegue a 400 MBOD en el 2050. Sería una tremenda irresponsabilidad y un error histórico de la humanidad profundizar en la dependencia de fuentes fósiles para atender la demanda proyectada sin atentar contra las oportunidades que brindan las fuentes de energía renovable.

Desde este ángulo, el siglo XXI será enmarcado por profundos cambios en la matriz energética global y de cada país en particular, con progresiva adopción de energía renovable. Los biocombustibles serán muy importantes hasta mediados del siglo, donde se anticipan que las innovaciones tecnológicas permitirán el uso masivo de las fuentes de energía solar y eólica.

Las principales ventajas comparativas de los biocombustibles como sucedáneos de los combustibles fósiles son:

- a. Su carácter renovable, lo que significa, en teoría, que no deberían agotarse.
- b. Precios con baja interferencia política, más adherentes a la oferta y la demanda que a otros factores.
- c. La posibilidad de producción en todos los países del mundo que dispongan del área potencial para ampliar su superficie cultivada.

d. El bajo impacto ambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, por el ciclo cerrado de carbono y, en muchos casos, de nitrógeno.

En el caso específico de los biocombustibles, las materias primas para su producción serán definidas con base en los siguientes criterios:

- a. Balance energético altamente positivo.
- b. Alto poder calorífico inferior.
- c. Alta densidad energética por unidad de área.
- d. Carbono neutro o positivo.
- e. Costo viable para los consumidores.
- f. Disponibilidad de materia-prima o facilidad de producción.
- g. Facilidad de inventario, portabilidad y seguridad.
- h. Amplia distribución y acceso.

La materia prima para producción de biocombustibles se obtendrá por el cultivo de especies de alta densidad energética o por el aprovechamiento de residuos y desechos orgánicos. El tema de la disponibilidad de tierra arable merece un análisis especial. En América del Sur y América Central, existe disponibilidad de tierra para ampliación de la producción agrícola en gran parte de los países. En el caso de las islas del Caribe, la situación es de restricción generalizada por la pequeña dimensión territorial o por accidentes topográficos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) elaboró un estudio completo sobre el tema de amplitud global denominado *Land resource potential and constraints at regional and country levels*, en el que uno de sus objetivos fue identificar el potencial de incremento del área cultivada, en diferentes países del mundo y las principales limitaciones físico-químicas de los suelos.

De acuerdo con este estudio, es posible discriminar los diferentes países de América Latina y el Caribe (ALC) según su disponibilidad de tierra arable para expansión en tres grandes grupos:

- a. **Baja disponibilidad:** Chile, República Dominicana, el Salvador, Haití, Jamaica, Honduras, Trinidad y Tobago, Costa Rica, Belice, Guatemala y Panamá. Este grupo de países tendría límites inferiores a un millón de hectáreas de suelos altamente adecuados para la expansión de su agricultura.
- b. **Mediana disponibilidad:** Cuba, Nicaragua y Guyana Francesa, con disponibilidades de hasta cinco millones de hectáreas, lo que significa una situación confortable para la oferta interna de biocombustibles, alimentos y otros productos agrícolas con un pequeño margen para exportaciones agrícolas.
- c. **Alta disponibilidad:** Ecuador, Surinam, Guyana, Paraguay, Uruguay, México, Perú, Venezuela, Colombia, Bolivia, Argentina y Brasil, con disponibilidad entre 6 y 343 millones de hectáreas, lo que permite la expansión de cualquier tipo de agricultura, incluso para proveer otros países con alimentos y biocombustibles.

Con base en los datos de la FAO (disponibilidad de tierra arable), los pronósticos de avances tecnológicos, la demanda actual de combustibles líquidos y el incremento poblacional y de renta per cápita en la región, se elaboró un modelo matemático para verificar la factibilidad de producir biocombustibles en cada país del ALC, basado en un escenario de sustitución de diesel y gasolina por biodiesel y etanol, respectivamente, que incrementaría un 5% cada cinco años y empezaría en el 2015. La excepción es Brasil, que en el 2008 sustituye el 55% de la gasolina y 3% del diesel por etanol y biodiesel, respectivamente.

Los mismos parámetros fueron utilizados para dimensionar la demanda futura de alimentos, para el mercado doméstico y para los principales rubros de exportación del agro regional. La conclusión final es que se demandarán 12,5 millones de hectáreas para agricultura de energía en la región (solamente para ofertar

biocombustibles en el mercado doméstico), 260 millones de hectáreas para cultivos anuales, 30 millones de hectáreas para cultivos perennes, 485 millones de hectáreas para pasturas y 20 millones de para florestas cultivadas. Esto totaliza 807 millones de hectáreas cultivadas, lo que equivale a un incremento del 10,7% sobre el área cultivada en el 2005.

En términos porcentuales, entre el 2005 y el 2030, se estima un incremento del área agrícola de 143 millones de hectáreas (78 millones de hectáreas, provenientes del área potencial), de los cuales 5,4% serán destinados para florestas cultivadas, 6,6% para biocombustibles, 6,9% para cultivos permanentes y 81% para cultivos anuales. El área de pasturas se reduciría 45%.

Asimismo, en el 2030, la región aún dispondrá de 521 millones de hectáreas para expansión agrícola, de conformidad con el estudio de la FAO anteriormente referido. Considérese que, con los residuos de la producción de biocombustibles, es posible producir bioelectricidad para atender parcialmente esta demanda en crecimiento en la región.

De acuerdo con el análisis efectuado, no se vislumbran adecuadas modificaciones de los patrones de producción, exclusivamente en el avance de la agricultura de energía. Seguramente la agricultura regional sufrirá cambios significativos en los patrones de producción y el fenómeno será transversal a todos los sistemas agrícolas (alimentos, energía, fibras, forestal, medicinal, ornamental, entre otros). Igualmente no se perciben cambios sensibles en la producción de alimentos, siempre que no se anticipen restricciones a la producción agrícola de alimentos por competencia con la agricultura de energía, la cual significará cerca de 3% del área de cultivo agrícola o 1,5% del área total, incluidas las pasturas.

La reciente alza de los precios de los alimentos (2007-2008) se debió, entre otras razones, en especial a la inclusión social, a los subsidios agrícolas, a la especulación financiera,

a la devaluación del dólar, a los problemas climáticos y al incremento de los precios de insumos agrícolas y fletes.

Con el incentivo a las cadenas de producción de biocombustibles (etanol y biodiesel), para sustitución de 5% a 20% de combustibles fósiles, durante un período estimado de 17 años (2013 a 2030), es posible crear 1132 millones de empleos directos y 1892 millones de empleos indirectos, los cuales generarían un ingreso por el concepto de sueldos laborales de US\$336 mil millones. Adicionalmente, solamente las etapas agrícola e industrial de las cadenas presentarían una renta total superior a 450 mil millones de dólares. Hay que tener en cuenta que no se consideran los eventuales ingresos por bonos de carbono por la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles y bioelectricidad, por emisiones evitadas, debido a la complejidad de los cálculos involucrados.

Aunque no se vislumbren grandes cambios en la propiedad de la tierra con el incremento de la producción de biocombustibles, se recomienda que sean implementadas políticas públicas de apoyo a la agricultura familiar, así como a la diversificación de los cultivos en las cuencas de producción, para evitar el riesgo de monocultivos extensivos.

Tampoco se identifican riesgos ambientales con la producción de biocombustibles, diferentes de los riesgos de las cadenas de producción de alimentos, actualmente en uso. En la fase industrial, la tecnología de las plantas procesadoras incluye el manejo de desechos sólidos y líquidos, para evitar problemas de impacto ambiental negativo.

En el tema de la sostenibilidad ambiental y social, se considera que el balance de energía del biodiesel se sitúa cerca de 1:2 a 1:8 (ingreso: salida de energía del sistema), valor inferior al balance de energía del etanol, actualmente en 1:94, el cual puede llegar hasta 1:14 en un escenario más agresivo de producción de energía, en el 2020.

La toxicidad del biodiesel y del etanol, en cualquiera de los parámetros analizados, es extremadamente baja. El biodiesel es muy seguro para almacenar, manipular y transportar, al paso que el etanol exige cuidados una vez que su punto de inflamación sea muy bajo. En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, los dos combustibles presentan claras ventajas sobre los similares fósiles (diesel y gasolina), lo que promueve reducciones importantes de las emisiones, en su ciclo de vida.

En el presente estudio también se analiza la importancia de las implicaciones geopolíticas e institucionales del incentivo a los programas de biocombustibles y las necesidades de políticas públicas adecuadas y de cooperación regional para el éxito de los programas.

En el capítulo de recomendaciones y conclusiones, se señalan las oportunidades de producción de biocombustibles y las interfaces con la producción de alimentos en ALC.

## 1. Introducción

**D**urante el siglo XX, la ciencia y la tecnología han permitido la creación de un estilo de vida con altos niveles de confort, conveniencia y movilidad, con un incremento en la esperanza de vida y un crecimiento económico relativamente constante. Mientras tanto, una consecuencia negativa de la mejora en la calidad de vida ha sido la dependencia de las reservas finitas de la energía fósil.

En particular, el petróleo es la fuente dominante de combustibles líquidos para transporte, así como la materia prima para la petroquímica, responsable de la mayor parte de los productos de la química fina, fármacos, plásticos, polímeros y otras utilidades que respaldan los hábitos de la vida moderna.

Durante el siglo XXI, la excesiva dependencia de fuentes fósiles, como el petróleo, han requerido cambios en la matriz energética y en la materia prima para la industria de química fina, para no disminuir la calidad de vida de los ciudadanos.

Una revisión de los estudios y análisis muestra disparidad en términos del “pico” de producción y de la duración económica de las reservas de petróleo, mientras que todas consideran que el petróleo es finito y se agotará desde el punto de vista económico durante este siglo.

Existe una asociación de expertos, cuyo objetivo es el cálculo del “pico” de la producción mundial de petróleo ([www.aspo.com](http://www.aspo.com)). Bentley (2002) distingue dos conceptos acerca de las reservas aún por descubrir: las denominadas reservas políticas y reservas físicas. Las primeras se refieren a aquellas que se divulgan

con finalidades geopolíticas e influyen los precios, y las segundas corresponden a las que efectivamente existen.

Probablemente, es difícil establecer con un 100% de seguridad el volumen efectivo de las reservas, aunque los números más frecuentemente aceptados indican que, antes del inicio de la explotación comercial del petróleo, las reservas serían de tres trillones de barriles, de los cuales el 60% serían retirados del subsuelo hasta el principio del siglo XXI. De acuerdo con los estudios de la Beyond Petroleum (BP 2006) un número razonable indicaría la existencia de, aproximadamente, 1,2 trillones de barriles entre las reservas probadas y las que aún serán descubiertas y que podrán ser explotadas económicamente.

En la actualidad, la producción anual de petróleo es de 30 billones de barriles. Se dividieron las reservas actuales o por descubrir entre la producción actual, lo cual permite obtener un cálculo de 40 años de duración de las reservas existentes. Esto indicaría que la producción económica podría acabar en el 2050.

Todavía la incorporación de nuevas fuentes de energía, incluso los biocombustibles, el ahorro de energía, la llegada al mercado de vehículos y equipos con consumo de energía más bajo que los actuales, deberá propiciar un aumento del período estimado para más de 50 años. El cálculo tampoco considera algunos hechos con probabilidad de ocurrencia, como el descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos en altas profundidades marítimas, incluso bajo el hielo del Ártico, o la intensidad del cambio climático acorde con los escenarios más pesimistas del Panel Intergubernamental sobre Cambio

Climático (IPCC). Esto permite determinar la necesidad de reemplazar más rápidamente las fuentes fósiles por renovables, lo que implica extender el tiempo de explotación comercial de los yacimientos petrolíferos.

Las últimas reservas de petróleo están extremadamente concentradas, como se muestra en los cuadros 1 y 2. Cerca del 70% de la producción

mundial se ubica solamente en 12 países y tres de ellos (EE. UU., China y Japón) representan el 40% del consumo mundial. Así, existe un costo financiero y energético muy elevado para transportar el petróleo de los locales de producción a los sitios de consumo. Además, la concentración inestable en el Cercano Oriente añade una razón extra para apresurar la sustitución de las fuentes fósiles por las renovables.

**Cuadro 1. Distribución de las reservas probadas.**

País	Billón de barriles
Arabia Saudita	340
Irak	135
Irán	105
Kuwait	92
Venezuela	75
Otros (Cercano Oriente)	70
Rusia	60
Libia	45
Nigeria	40
EE.UU.	30
Otros (África)	19
Brasil*	18
Canadá	18
UE-27	18
China	17
Ucrania	14
México	12
Otros (Asia)	11
Argelia	10
Otros (ALC)	10
India	7
Indonesia	5

\* Los recientes descubrimientos de yacimientos petrolíferos en la camada pre-sal de la plataforma continental brasileña no han sido considerados y pueden llegar a 80 billones de barriles. Se ha comprobado que las reservas del país se incrementarían a 100 billones de barriles (cuarto lugar en el *ranking* mundial).

Fuente: Mc Laren 2008.

La intensidad del uso de la energía en la economía de un país también es asunto importante. Aunque conviene, no es sencillo disminuir el volumen de utilización de energía por unidad

**Cuadro 2. Total de reservas probadas, reservas por descubrir y petróleo producido.**

País	Billón de barriles
EE. UU. y Canadá	400
México	87
Europa Occidental	119
OCDE (Pacífico)	22
OCDE	628
América Latina	135
Cercano Oriente y África	111
Asia	50
China	86
PED, excl. OPEP	383
Rusia	454
Área del Caspio	117
Resto de Europa	63
Economías en transición	635
No OPEP	1647
OPEP	1697
Mundo	3345

Fuente: United States Geological Survey 2000. World Petroleum Assessment.

del producto interno bruto (PIB) una vez que el paradigma establecido apunta al uso de la energía y el consumo de petróleo como plataforma para el crecimiento y la productividad.

Los cuadros 3 y 4 presentan los diez países con las mayores reservas de carbón mineral y de gas

natural, los cuales, junto con el petróleo, representan casi el 100% de las fuentes fósiles de energía.

**Cuadro 3. Reservas mundiales de carbón (mt) (2007).**

País	Millón t
Brasil	7 068
Polonia	7 500
Kazajistán	31 300
Ucrania	33 873
Africa del Sur	48 000
India	56 498
Australia	76 600
China	114 500
Rusia	157 010
EE.UU.	242 721
Mundo	847 488

Fuente: BP Statistical Review World Energy 2008.

**Cuadro 4. Reservas mundiales de gas natural (tcm).**

País	Trillón m3
Irak	3,2
Argelia	4,5
Venezuela	5,2
Nigeria	5,5
EE.UU.	6,0
Emiratos Árabes	6,1
Arabia Saudita	7,2
Qatar	25,6
Irán	27,8
Rusia	44,7
Mundo	177,4

Fuente: BP Statistical Review World Energy 2008.

En el Cuadro 5 se observa que el consumo anual de petróleo en América Latina, se incrementará en 41% entre el 2006 y el 2030, según el

escenario de referencia de la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

**Cuadro 5. Estimación del consumo de petróleo, en millones de barriles por día.**

Región	2006	2012	2015	2020	2025	2030
América del norte	25,3	26,2	26,6	27,0	27,3	27,4
Europa occidental	15,7	15,8	16,0	16,1	16,2	16,2
OCDE (Pacífico)	8,5	8,3	8,3	8,2	8,1	7,9
OCDE	49,4	50,4	50,9	51,4	51,6	51,5
América Latina	4,4	4,9	5,2	5,6	5,9	6,2
Oriente Cercano y África	3,1	3,7	4,0	4,5	5,0	5,6
Sur de Asia	3,2	4,3	5,0	6,1	7,2	8,5
Sur Este de Asia	4,5	5,4	5,8	6,6	7,4	8,2
China	7,1	9,3	10,3	12,0	13,6	15,4
OPEP	8,0	9,1	9,7	10,6	11,4	12,2
PED	30,4	36,8	40,0	45,3	50,6	56,2
Antigua URSS	3,9	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7
Resto de Europa	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1
Economías en transición	4,8	5,2	5,3	5,5	5,6	5,7
<b>Mundo</b>	<b>84,7</b>	<b>92,3</b>	<b>96,1</b>	<b>102,2</b>	<b>107,7</b>	<b>113,3</b>

Fuente: OPEP 2008.

Como complemento a la información del Cuadro 5, el Cuadro 6 muestra el consumo per cápita de petróleo estimado para el 2030, cuando cada habitante de América Latina sería responsable por el consumo de 4,1 barriles por día.

Estos datos tienen conexión con la intensidad energética de diferentes países. Se

destacan Brasil y Chile como representantes de América Latina (Figura 1). Aunque los números presentados corresponden al 2005, la situación no ha cambiado en los últimos años y muestran que, si bien Estados Unidos consume más energía que cualquier país, esta se utiliza de manera eficaz para la productividad nacional.

**Cuadro 6. Consumo per cápita de petróleo, en barriles por día.**

País	Barriles
América del Norte	18,5
OCDE Pacífico	14,4
Europa Occidental	10,3
Otros países de Europa	7,8
Antigua URSS	6,0
Sur este de Asia	5,9
OPEP	5,8
América Latina	4,1
China	4,0
Cercano Oriente y África	1,9
Sur de Asia	1,8

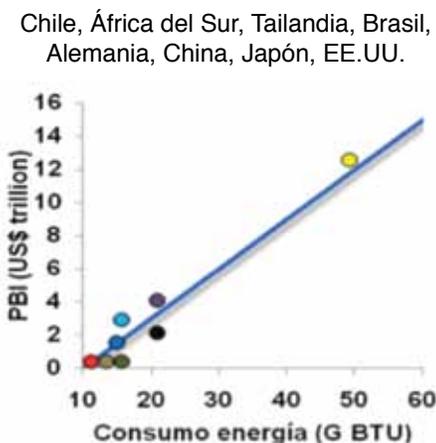
Fuente: OPEP 2008.

Además, la intensidad energética, que es una medida de la eficiencia del uso de la energía para el PIB, sigue mejorando en Estados Unidos (Figura 2). El caso norteamericano

debe ser tomado en consideración en ALC para un trabajo asociado de promoción de bioenergía, ahorro de energía y utilización de equipos y vehículos más eficientes<sup>2</sup>.

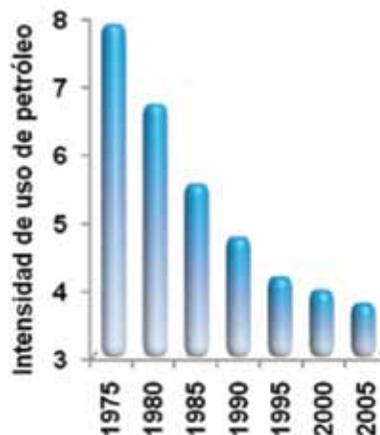
<sup>2</sup> Existen varios indicadores de uso eficiente de la energía: a) cantidad de energía consumida por cada dólar producido (consumo energético total entre PIB) que permite calcular la intensidad de uso energético expresada en toneladas equivalentes de petróleo; b) consumo per cápita de petróleo; c) participación de fuentes renovables de energía en la matriz energética de un país; y d) los patrones de consumo.

**Figura 1. Intensidad energética del PIB para diferentes países (2005).**



Fuente: Mc Laren 2008.

**Figura 2. Intensidad energética en millones de BTU de petróleo por un billón de dólares del PIB de EE.UU.**



Fuente: Mc Laren 2008.

El Cuadro 7 presenta la estimación de la oferta futura de petróleo, donde América Latina participa con 4,5% del total. La seguridad de suministro futuro es motivo de especial preocupación para todos los países que no disponen de reservas de combustibles fósiles (petróleo en particular) en el largo

plazo, una vez que la incertidumbre pueda representar graves repercusiones en la economía nacional. La solución hasta la fecha ha sido confiar en el aumento de las importaciones de petróleo crudo, de los cuales una parte importante proviene de regiones políticamente inestables.

**Cuadro 7. Producción de petróleo en millones de barriles por día.**

Región	2006	2012	2015	2020	2025	2030
EE. UU. y Canadá	10,6	12,2	13,2	13,6	14	14,3
México	3,7	3,4	3,3	3,1	3,0	2,8
Europa Occidental	5,4	4,8	4,4	4,1	3,8	3,5
OCDE (Pacífico)	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Total de OCDE</b>	<b>20,2</b>	<b>21</b>	<b>21,6</b>	<b>21,5</b>	<b>21,5</b>	<b>21,5</b>
América Latina	3,9	4,8	5,1	5,8	6,2	6,3
Cercano Oriente y África	4,4	4,6	4,7	4,9	4,8	4,7
Asia	2,7	3,1	3,2	3,3	3,1	2,8
China	3,7	4,2	4,3	4,5	4,7	4,8
<b>Total excl. OPEP</b>	<b>14,7</b>	<b>16,8</b>	<b>17,2</b>	<b>18,4</b>	<b>18,8</b>	<b>18,6</b>
Rusia	9,7	11	11,5	11,7	11,7	11,7
Otros países de la ex-URSS	2,4	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3
Otros países de Europa	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Non-OPEP</b>	<b>49,0</b>	<b>55,1</b>	<b>57</b>	<b>58,9</b>	<b>59,9</b>	<b>60,3</b>
<b>OPEP (crudo)</b>	<b>31,6</b>	<b>30,9</b>	<b>32,3</b>	<b>35,5</b>	<b>39,3</b>	<b>43,6</b>
OPEP gas/no convencional	4,1	6,6	7,2	8,0	8,9	9,8
<b>Oferta mundial</b>	<b>84,7</b>	<b>92,6</b>	<b>96,4</b>	<b>102,5</b>	<b>108,0</b>	<b>113,6</b>

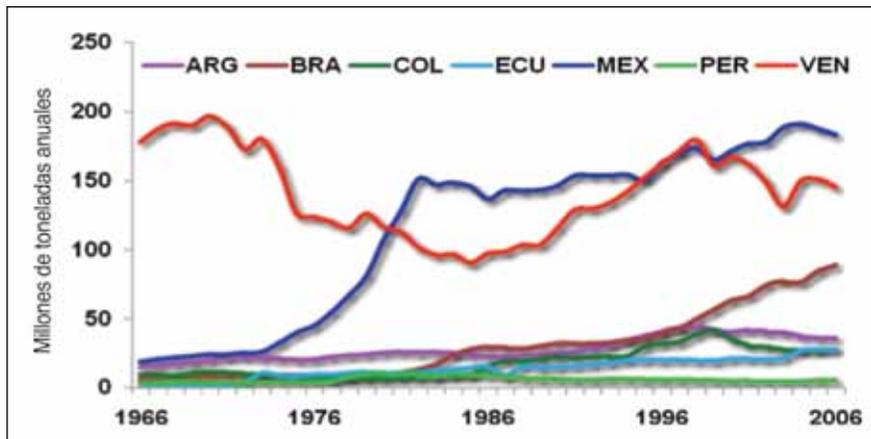
Fuente: OPEP 2008.

Además de que ALC no constituye una región importante para el suministro total de petróleo en el mundo, la distribución de sus yacimientos petrolíferos está muy concentrada.

En realidad, México y Venezuela son responsables de dos tercios de la producción de petróleo en la región. En términos de reservas para el largo plazo, estos dos países junto con Brasil representan más del 90% del total. Otros países importantes desde el punto de vista de la producción regional son Argentina, Colombia, Ecuador y Perú.

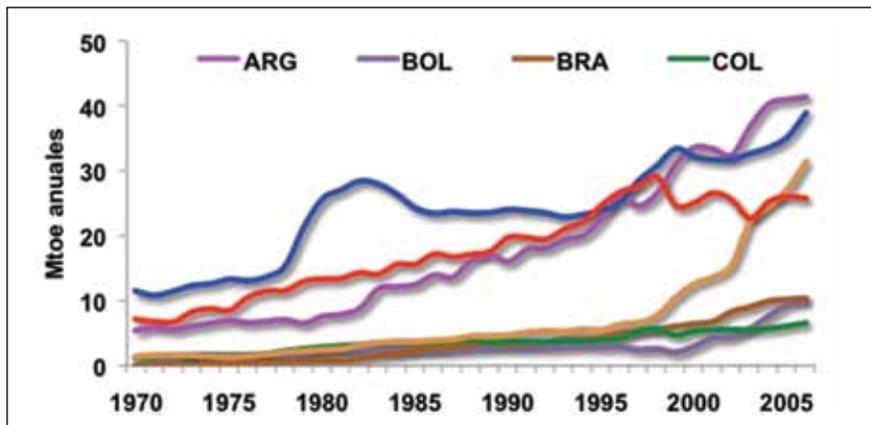
La Figura 3 muestra la serie histórica de producción de petróleo de los seis países que son principales productores, donde se evidencia el protagonismo de México y Venezuela y la ascensión reciente de Brasil. Según los datos, Brasil y México presentan una tasa más alta de incremento de su producción, mientras Argentina, Ecuador, Colombia y Perú incrementan la producción a tasas más moderadas. Venezuela, después de los "picos" de producción de 1970 y 1998, es el único país que ha reducido su oferta de petróleo en los últimos años.

**Figura 3. Producción de petróleo en los principales países productores de América Latina.**



Fuente Instituto Mundial de Recursos.

**Figura 4. Producción de gas natural en los principales países productores de ALC.**



Fuente: Instituto Mundial de Recursos.

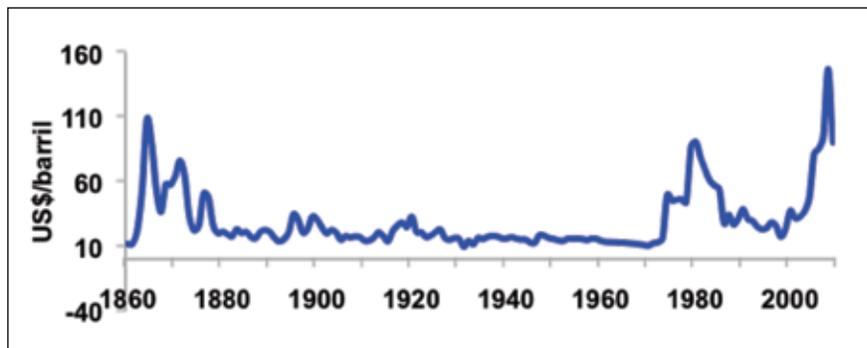
Por otra parte, los principales productores históricos de gas natural (un sustituto del petróleo para diversos usos, incluso transporte) en ALC han sido Argentina, México y Trinidad y Tobago, que siguen incrementando su producción anual, además de Venezuela, cuya producción se ha mantenido estabilizada en los últimos ocho años. Los recientes descubrimientos de yacimientos de gas natural en Brasil no han sido considerados por falta de números oficiales definitivos.

La estabilidad económica también se ve afectada por la volatilidad de los precios (Figura 5) y no se espera que disminuya ante la intensa competencia por los limitados recursos disponibles en el futuro. La Figura 5 presenta la serie histórica de los precios del barril de petróleo, en dólares norteamericanos actualizados para el 2008<sup>3</sup>.

Aunque la burbuja especulativa de los primeros meses del 2008 esté más presente, la tendencia de mediano y largo plazo apunta hacia un crecimiento constante de los precios del crudo. El mercado considera no solo el valor actual, debido a los efectos de la oferta y de la demanda, sino también la precificación<sup>4</sup> futura del agotamiento de las reservas mundiales y anticipa un período de baja oferta en el mercado internacional.

Así que desde el punto de vista económico, la estrategia de mediano y largo plazo debe focalizarse en la disminución de la dependencia del petróleo, en especial cuando es importado por los altos costos económicos que impone, debido a las restricciones sobre el crecimiento de los países y el avance en la renta per cápita.

**Figura 5. Precios históricos del petróleo de 1860 al 2008.**  
New York Stock Exchange (NYSE), en valores actualizados al 2008.



Fuente: BP 2008.

Las consecuencias de la utilización de fuentes fósiles para el medio ambiente no son bien entendidas, pero hay una creciente preocupación acerca de las emisiones atmosféricas relacionadas con la rápida extracción y utilización del petróleo.

El uso de combustibles fósiles se traduce en el aumento de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera (Figura 6). Se verifica que el fuerte crecimiento de las economías asiáticas, en especial de China, tienen como externalidad importante el aumento de las emisiones

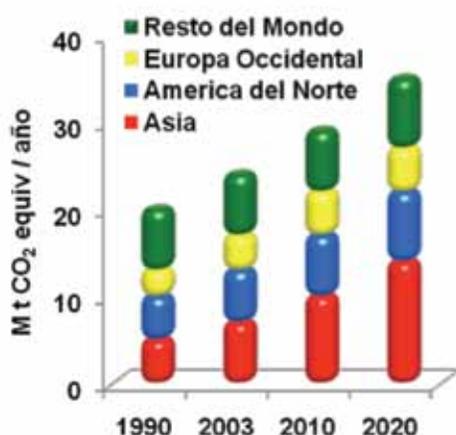
3 La cotización de mercado considera el precio promedio del año. Específicamente en el 2008, el petróleo llegó a su máxima cotización real (US\$147/barril) en el primer semestre y se desplomó a US\$55/barril a mediados de noviembre.

4 Precio de referencia de una operación con riesgo de crédito, considerado a lo largo de todos sus vencimientos.

de gases de efecto invernadero (GEI), sin el correspondiente incremento en la mejora de la intensidad energética de la economía. Así, como lecciones aprendidas, América Latina debería evitar el elevado consumo energético per cápita de los EE.UU., a pesar de la constante mejora de la intensidad energética en su economía.

Según los datos mostrados en la Figura 6, con la continua utilización intensiva de fuentes

**Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero (en equivalentes de CO<sub>2</sub>), por región del mundo.**



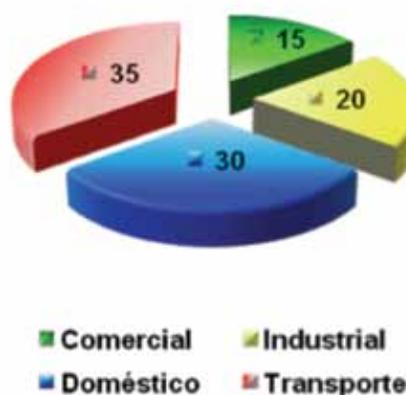
Fuente: USDOE 2005b.

La producción y uso de la energía no pueden ser analizados por separado del tema ambiental. Si bien continúa cierta incertidumbre sobre la temperatura global y los efectos antropogénicos del dióxido de carbono (frente a los recurrentes ciclos geológicos de dióxido de carbono u otros factores planetarios), hay un creciente volumen de evidencias relacionadas estrechamente con las actividades antropogénicas (Callejón *et al.* 2007), según el panel de expertos del IPCC. El dióxido de carbono está aumentando y se prevén mayores niveles con el incremento del desarrollo económico que, a su vez, se basa en la utilización de la energía (Figura 8).

fósiles, las emisiones de anhídrido carbónico aumentarán cerca del 80% entre el 2008 y el 2030. En la Figura 7, por su parte, se presentan los valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> por sector de la economía de los EE.UU.

También se debe observar el crecimiento en Asia y buscar fórmulas que combinen el crecimiento económico con la utilización de fuentes de energía de bajo impacto ambiental negativo.

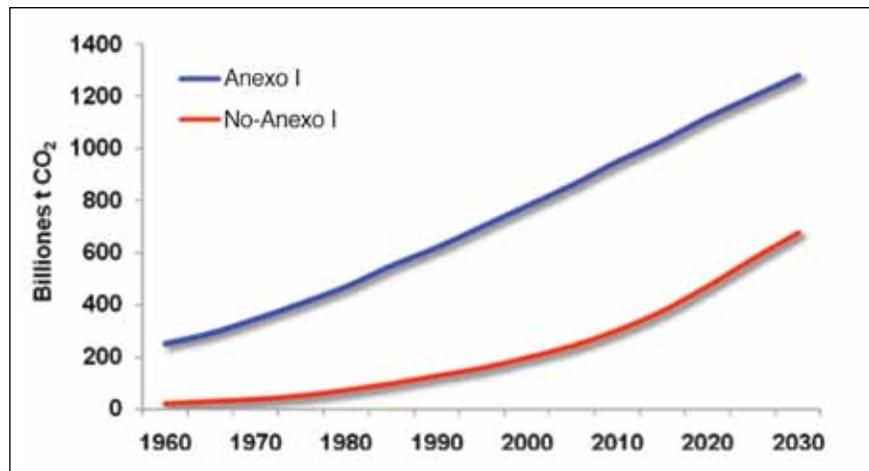
**Figura 7. Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los EE. UU. por sector.**



Fuente: USDOE 2005b.

Disminuir el uso de combustibles fósiles puede reducir las emisiones de dióxido de carbono, pero sin la sustitución por otras fuentes de energía alternativa, que sean abundantes, baratas y accesibles, la economía mundial disminuirá su ritmo de crecimiento. Además, la situación mundial es compleja en el sentido de que las economías de algunas regiones están creciendo (Asia, ALC), mientras que otras han ido madurando (OCDE), lo que generará consecuencias diferentes para el uso de la energía y las emisiones de dióxido de carbono en el futuro.

**Figura 8. Emisiones pasadas y proyectadas de CO<sub>2</sub> en los países del Anexo 1 y los que no se contemplan en el Anexo I del protocolo de Kyoto.**



Fuente: Instituto Mundial de Recursos.

Así pues, urgen soluciones de corto plazo con alternativas sostenibles para contrarrestar los problemas del agotamiento de las reservas y de los altos precios del petróleo, así como de los impactos ambientales negativos del uso de combustibles fósiles.

Las políticas públicas de promoción de uso de biocombustibles han empezado a generar un impacto y, con la mejora continua y la aplicación de las nuevas tecnologías, poseen el potencial para propiciar importantes contribuciones al cambio de la matriz de combustibles para el transporte. También pueden diseñar la solución para mitigar el uso excesivo de energía fósil en el corto plazo.

Además de su impacto positivo en la oferta de energía y en la reducción de los efectos ambientales, los biocombustibles permiten una transformación redistributiva en la renta generada en un país, una vez que las cadenas fósiles se

encuentran altamente concentradas (explotación, refinado y transporte). Mientras, la agroenergía necesita de una larga base de producción de materia prima antes del procesamiento y transporte. Esto implica ampliar la oferta de empleo y renta, y fortalecer el desarrollo económico en los países, especialmente en el área rural.

Sin embargo, para lograr mayor impacto redistributivo, se requiere de políticas públicas y medidas de apoyo para la implementación de proyectos de producción y uso de biocombustibles, aporte de capital de inversión y recursos operativos, capacidad de gestión y escala adecuada. Asimismo, el escenario para la implementación de políticas de apoyo debe ser adecuado en relación con la seguridad jurídica y el cumplimiento de contratos, estabilidad política y económica, y un aceptable nivel de riesgo para el aporte de crédito externo, de inversión extranjera directa o incluso de participación accionaria.



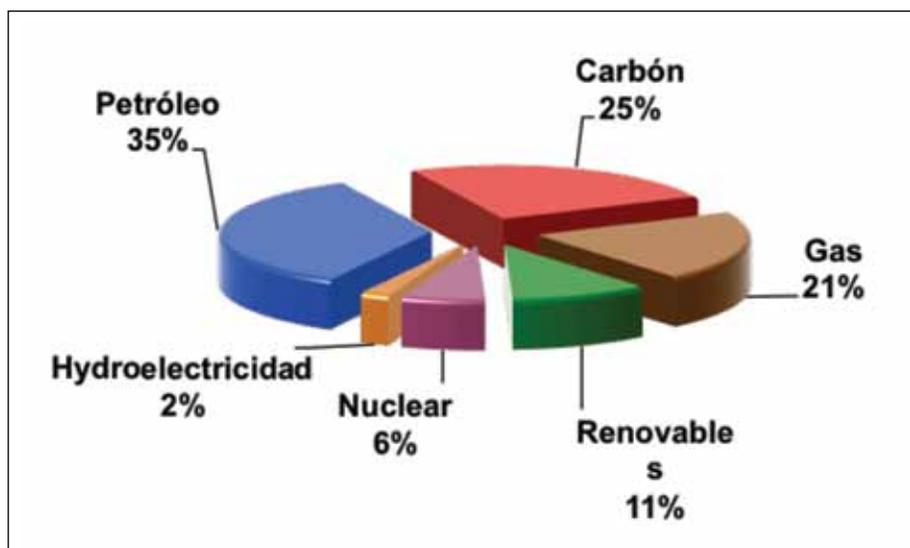
## 2. Escenarios sobre la evolución de los biocombustibles según los cambios en la matriz energética global<sup>5</sup>

**P**rogresivamente la sociedad global toma conciencia de la falta de sostenibilidad de la matriz energética mundial y de la mayor parte de las matrices nacionales, dependientes en gran escala de los combustibles fósiles. La Figura 9 presenta la matriz energética mundial, donde se puede observar que el 81% de la oferta energética radica en carbón, gas y petróleo.

Hasta el 2006, la participación de la energía renovable, en la matriz global, se limitaba al

13%. Asimismo, la mayor proporción se refiere al uso de biomasa tradicional, en especial la leña, que no es una forma apropiada de energía, por el impacto ambiental cuando es extraída de florestas nativas y por la emisión de gases tóxicos cuando es quemada en los fogones. Las otras fuentes de energía renovable son la hidroelectricidad, biocombustibles (especialmente el etanol), carbón vegetal, energía eólica y solar.

**Figura 9. Matriz energética mundial.**



Fuente: *International Energy Agency* 2007.

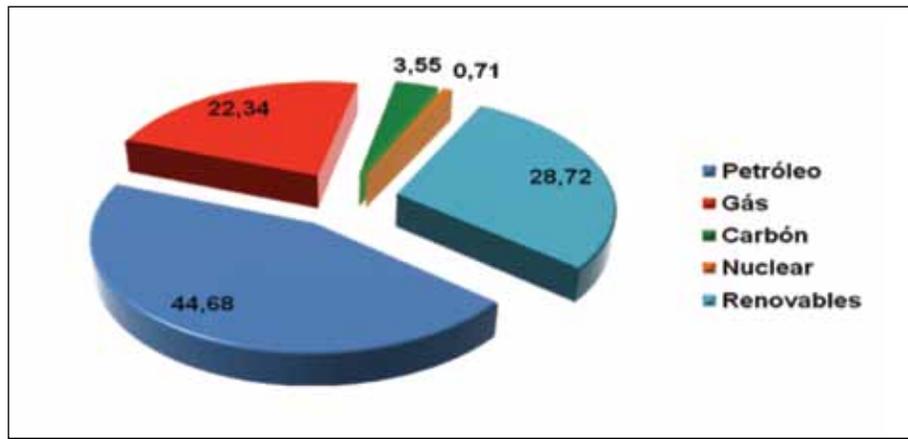
<sup>5</sup> La matriz energética está compuesta por las formas de energía contenidas en los recursos fósiles como petróleo, gas natural y carbón mineral, además de diversas fuentes energéticas reconocidas como renovables y/o alternativas (eólica, hidroeléctrica, biomasa). Algunos países de la región también incluyen en su matriz energética la energía nuclear (uranio).

En la Figura 10 se presenta la matriz energética de ALC, donde se puede determinar que el 70% de la energía de la región proviene de fuentes fósiles.

Algunos países avanzaron más en el uso de fuentes renovables de energía. Se destaca la

posición de Brasil, que tradicionalmente obtiene electricidad de fuentes hídricas y que desde 1974 dispone de un agresivo programa de sustitución de gasolina por etanol y de diesel por biodiesel (PROALCOOL), además de generación de bioelectricidad a partir de biomasa.

**Figura 10. Matriz energética de ALC.**

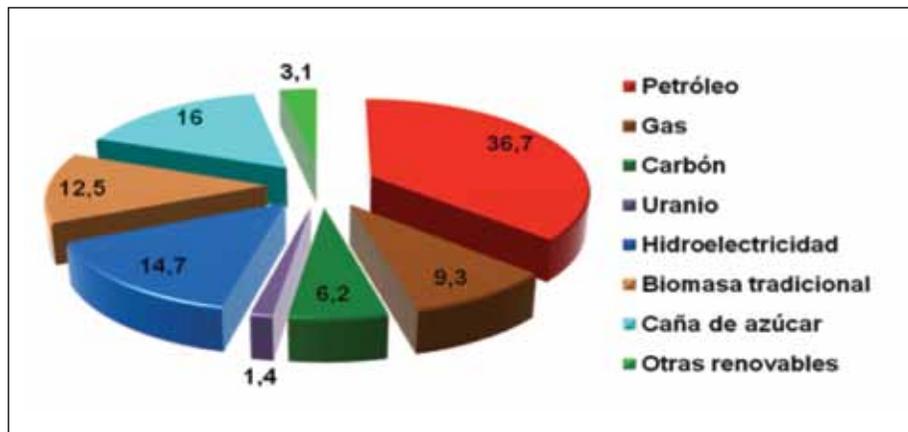


Fuente: OLADE, SIEE 2005.

En la Figura 11 se presenta la matriz energética brasileña, en la que se demuestra que es posible reducir de forma radical la participación de

las fuentes fósiles, al igual que en países con alta demanda energética.

**Figura 11. Matriz energética de Brasil.**



Fuente: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) de Brasil, 2008.

Sin embargo, muchos países con dificultades para la producción de biomasa como materia prima para biocombustibles o bioelectricidad no disponen de las mismas ventajas comparativas de otros. Este aspecto es importante pues desde una visión de sustitución de fuentes fósiles por renovables, la agroenergía dispone de ventajas comparativas en el corto plazo, por la tecnología más madura, tanto de producción de materia prima, como de procesos de transformación de biomasa en productos energéticos.

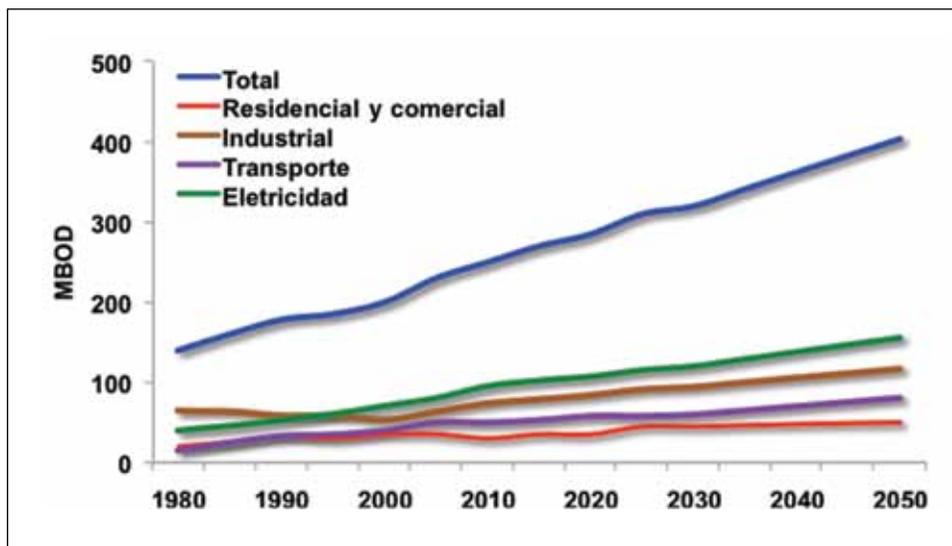
La Agencia Internacional de Energía estima que hasta la mitad del siglo XXI la demanda energética puede crecer cerca de un 80%, en su escenario de referencia. En la Figura 12 se presentan las estadísticas del pasado reciente y las proyecciones de mediano plazo, para la demanda de energía de los diferentes sectores. Es importante verificar que la previsión del incremento más alto es para la electricidad, seguida por transportes, justamente el

sector donde la biomasa puede aportar energía durante el período.

Los principales hechos responsables del incremento en la demanda de energía son el crecimiento de la población mundial, que debe estabilizarse en la segunda mitad del siglo XXI, el económico y el de la renta per cápita. Los avances tecnológicos deben reducir la intensidad energética del crecimiento económico, para lo cual se requieren políticas públicas de ahorro de energía que logren evitar un aumento aún más intenso de la demanda.

En una visión de más largo plazo, la tendencia es hacia un *market share* más amplio para fortalecer la producción de energía solar (solar concentrada, fotovoltaica o térmica) y por eólica. Las ventajas comparativas del corto plazo favorecen la biomasa. Para un período más largo, los avances tecnológicos provocarán que las energías solar y eólica tengan una mayor participación en la matriz energética.

**Figura 12. Demanda de energía por sectores.**

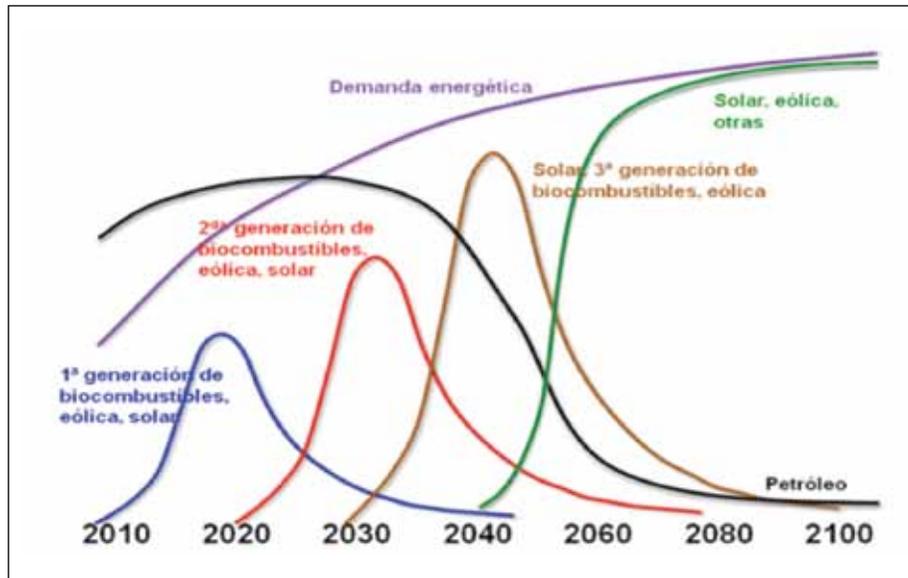


Fuente: Agencia Internacional de Energía.

En la Figura 12 se muestra que la demanda energética sigue creciendo de forma acelerada hasta mediados del siglo, lo que reduce sus incrementos anuales hasta estabilizarse al final del siglo. En la Figura 13, por su parte,

se ilustra el avance de las fuentes de energía renovable. Por tratarse de una visión exclusivamente prospectiva, en ambas figuras se utilizan criterios cualitativos, con poca precisión de la participación en la línea del tiempo.

**Figura 13. Línea de tiempo de la evolución de la energía renovable.**



Fuente: Elaboración del autor.

También se evidencia que por su característica finita, las fuentes fósiles, como el petróleo, tendrán un “pico” de producción en el mediano plazo y disminuirán su participación en la matriz energética en el largo plazo. Una vez que se crea un desequilibrio entre la oferta y la demanda de energía, la tendencia será reemplazar las fuentes fósiles por renovables, no solamente por su carácter de sustitución, sino por los impactos ambientales negativos reducidos y por la distribución más “democrática” entre los países. Se espera que no haya una concentración excesiva de las fuentes fósiles, las cuales en muchas ocasiones han sido las responsables de conflictos geopolíticos.

Por el momento, se considera que el biodiesel sea competitivo en relación con el petróleo en el rango de los US\$50-65/barril y el etanol a partir de los US\$35/barril<sup>6</sup>. Mientras tanto, con el avance de escala y de tecnología, esta relación debe cambiar, en especial con los sucedáneos de petrodiesel, que deberán ser competitivos por debajo de los US\$50/barril de petróleo.

La Figura 14 indica la evolución específica de los biocombustibles, asociada con los cambios en la matriz energética y su participación en la composición de energías renovables. Se destaca que los cambios en el tiempo están directamente asociados con el avance tecnológico

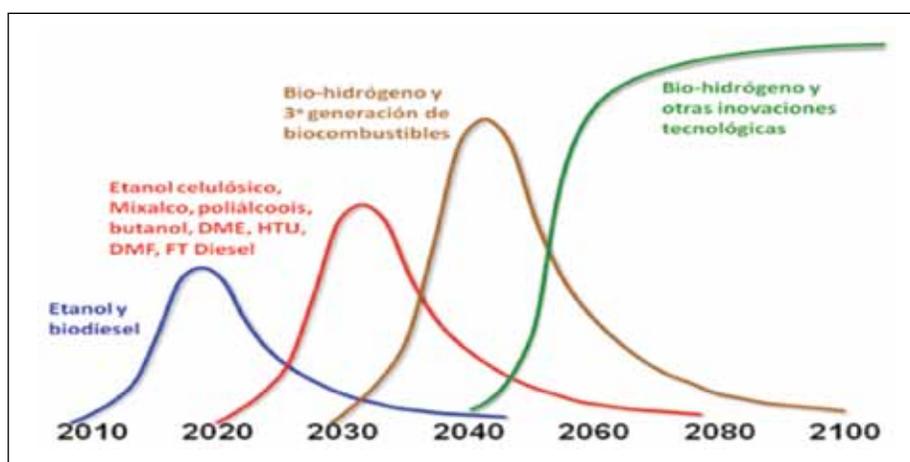
6 A manera de ejemplo y según las diferencias entre países, el precio de paridad del etanol en el caso de Costa Rica se estimó en aproximadamente US\$45-48 el barril de petróleo (CEPAL 2006).

vinculado con las demandas sociales por eficiencia energética más alta y por optimización de la densidad energética.

En la Figura 15 se presentan los cambios en la evolución de la materia prima por utilizarse en la producción de biocombustibles. Estos cambios se deberán a ajustes en los cultivos u otras fuentes de materia prima, especialmente por los objetivos<sup>7</sup> propuestos:

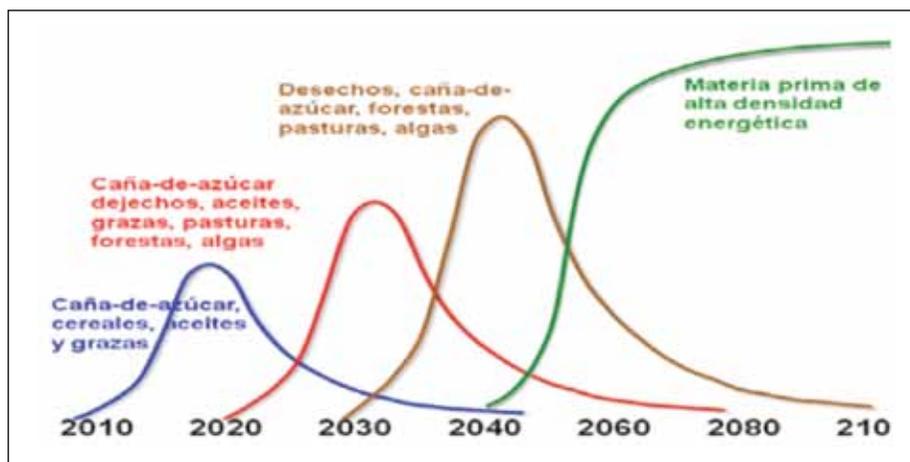
- a. Balance energético altamente positivo.
- b. Alto poder calorífico inferior.
- c. Alta densidad energética por unidad de área.
- d. Carbono neutro o positivo.
- e. Costo viable para los consumidores.
- f. Disponibilidad de materia prima o facilidad de producción.
- g. Facilidad de inventario, portabilidad y seguridad.
- h. Amplia distribución y acceso.

**Figura 14. Evolución de los biocombustibles durante el siglo XXI.**



Fuente: Elaboración del autor.

**Figura 15. Evolución de las materias primas para producción de biocombustibles**



Fuente: Elaboración del autor.

<sup>7</sup> Además de estos objetivos en las proyecciones, se reconocen otros de carácter multisectorial (ambientales, sociales, jurídicos, tecnológicos, productivos y económicos) que no están al alcance de este estudio.

De acuerdo con los datos mostrados en las figuras 13, 14 y 15, se puede verificar que existirá una ventana abierta a nuevas oportunidades para los biocombustibles, cuyo su ápice se manifestaría en la mitad del siglo. Esta apertura disminuiría progresivamente hacia el final del siglo, donde los biocombustibles serían reemplazados por energía solar y eólica. En consecuencia, las políticas públicas orientadas específicamente a la agroenergía tendrán que considerar estos cambios, los cuales serán generados por la reducción de: el costo de la energía de las fuentes eólica y solar, los avances tecnológicos, la capacidad y el inventario de la energía generada y la creciente escala de su uso.

No obstante, para mantener la competitividad de los productos de la agroenergía, en especial los biocombustibles, tanto frente a las fuentes fósiles como en relación con otras fuentes renovables, será fundamental que se muestren avances tecnológicos en tres grandes vertientes:

a. En la producción de materia prima, que deberá centrarse en productos de alta densidad energética, de fácil producción, inventario y transporte, sin conflictos con la producción de alimentos o de otros productos de la agricultura. En este particular, la celulosa y la hemicelulosa son las moléculas orgánicas con más ventajas para producir energía de bajo costo. Los desechos orgánicos y las algas representan excelentes alternativas para el mediano plazo, las últimas fuertemente dependientes de desarrollo tecnológico para producción masiva.

- b. En los procesos de transformación, que conduzcan a biocombustibles más eficientes y de más bajo costo, con reducido impacto ambiental adverso, más seguros para inventario, transporte y uso.
- c. En los motores y conversores de energía, con mejora progresiva en los actuales motores (de ciclo *otto* o diesel) hasta las celdas de energía. Las celdas podrán ser movidas con moléculas orgánicas de bajo costo y alta densidad energética (como los alcoholes) o con hidrógeno molecular (H<sub>2</sub>), lo cual representa el ápice de la densidad energética de una sustancia biocombustible.

En resumen, los escenarios más probables coinciden en un cambio progresivo en la matriz energética mundial, con una amplia participación de las fuentes renovables a finales del siglo XXI. Los biocombustibles presentan algunas ventajas comparativas en relación con otras fuentes renovables, lo que significa que hasta mediados de este siglo deberán presentar tasas superiores de incremento en la oferta con respecto a otras fuentes.

Las energías eólica y solar<sup>8</sup> deberán ser las protagonistas a finales del siglo, por los avances tecnológicos y la supremacía de los vehículos movidos con electricidad, entre otros. Por ello es necesario diseñar políticas públicas para acelerar la adopción de fuentes renovables de energía en el corto y mediano plazo, lo cual estará presionado por los cambios climáticos globales.

<sup>8</sup> Algunos autores estiman que el futuro de la energía solar y eólica es limitada por razones de costo, estacionalidad y eficiencia energética. Ante esto plantean un mejor futuro con el uso del hidrógeno. No obstante, lo razonable y prudente es encontrar soluciones en el desarrollo integral y articulado de varios tipos potenciales de energía, donde se logren obtener ventajas competitivas.

### 3. Potencialidades, ventajas comparativas y estrategias por tipo de países

Los biocombustibles requieren de escala para ser rentables, por ello existen diferentes opciones según tipo de países, potencialidades y ventajas comparativas para la producción y otras formas de energía disponibles.

Las ventajas comparativas de los biocombustibles deben ser contrastadas con otras fuentes de energía, sean fósiles por el momento o renovables en el futuro. Los principales aspectos que respaldan la adopción de fuentes renovables son:

- El riesgo de agotamiento de las reservas estimadas de petróleo, en el mediano plazo.
- En consecuencia, los altos precios del petróleo, que aumentarán no solo los precios de la energía, sino también los productos derivados de la petroquímica.
- El comportamiento similar del gas natural, un sucedáneo del petróleo en términos de agotamiento de reservas y de altos precios.
- La elevada concentración de las reservas de los hidrocarburos en pocos países, normalmente asociadas con inestabilidad política, lo que significa inseguridad de volúmenes de oferta y precios, y desequilibrios de poder regional o global.
- El elevado impacto ambiental de las fuentes fósiles, en especial el carbón, la más abundante.

Frente a este cuadro, las ventajas comparativas de los biocombustibles son:

- Su carácter renovable, lo que significa, en teoría, que no deberían agotarse.
- Precios con baja interferencia política, más adherentes a la oferta y demanda que a otros factores.
- Potencial para ampliar su superficie cultivada en muchos países.
- El bajo impacto ambiental en términos de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, se han planteado algunas consideraciones contrarias con respecto a los biocombustibles:

- La dificultad de incrementar la producción con altos volúmenes en el corto plazo. Esto es verdadero, por lo tanto, es necesario establecer políticas públicas de mezcla y sustitución de combustibles fósiles, ancoradas en la capacidad de respuesta de las cadenas productivas de biocombustibles, lo que permitirá el cumplimiento de las metas propuestas.
- El conflicto con la producción de alimentos u otros productos agrícolas. Esto puede ser verdadero para otras regiones y, eventualmente, para algún país aislado de América Latina, así como algunos países del Caribe con baja capacidad de expansión de la producción.

- Los riesgos climáticos pueden reducir sensiblemente la producción y crear inestabilidad de oferta. La posibilidad es real y las formas de contrarrestar el problema son el mantenimiento de inventarios de corto plazo y la adopción de vehículos *flex fuel*, de manera que en una posible escasez de determinado biocombustible, se puedan utilizar combustibles fósiles como forma emergente.

Cuando se contrastan los productos de la agroenergía, en especial biocombustibles, con otras fuentes renovables, la diferencia de competitividad se establece con base en el tiempo. Así, por el momento, los biocombustibles son más baratos y pueden producir mayor cantidad de energía que cualquiera de las otras fuentes renovables incluso la hidroelectricidad en términos globales. Este análisis puede ser diferente para algún país en particular, con claras ventajas hídricas o geotérmicas.

Sin embargo, en el largo plazo, los avances tecnológicos, especialmente en energía solar (fotovoltaica o térmica) y eólica, la facilidad de producción y los costos más bajos, los riesgos más reducidos (en especial climáticos), las facilidades de inventario y transporte, la escala de producción, entre otros, permitirán una expansión acelerada de estas fuentes en la segunda mitad del siglo XXI. Además, los avances en celdas de combustible y las posibilidades de producción de hidrógeno molecular por hidrólisis del agua, así como el creciente uso de la electricidad en los medios de transporte, conferirán un impulso extra a la producción de energía solar y eólica.

No obstante, continúa abierta la ventana de oportunidades desde el principio del siglo, la cual tendrá su momento máximo cerca de la mitad del siglo XXI y disminuirá de intensidad en su segunda mitad. En consecuencia, tanto las ventajas comparativas, como las políticas públicas y otras medidas de apoyo a los biocombustibles deben considerar esta posibilidad en la implementación de sus proyectos de producción y uso de biocombustibles.

Los biocombustibles dependen de materia prima abundante y barata para soportar programas ambiciosos de mezclas o de sustitución de combustibles fósiles. La materia prima puede ser cultivada o proveniente de la utilización de residuos y desechos orgánicos, tanto de las actividades agrícolas como del aprovechamiento de la basura urbana para producción de energía. En este último caso, los principales desafíos son el acopio y la separación de los residuos orgánicos para la producción de energía.

Por otra parte, la producción agrícola depende de:

- Disponibilidad de tierra arable, con topografía adecuada, que permita el acceso para el transporte de insumos y de la producción.
- La tierra arable potencialmente disponible supone que se pueda expandir para producir no solamente biocombustibles, sino también otros productos agrícolas demandados por la sociedad.
- Oferta de agua para el cultivo agrícola, sin competencia con otros usos y sin impacto ambiental negativo.
- Clima adecuado, donde se consideran temperatura, irradiación y lluvias.
- Tecnología adecuada en términos de sistemas de producción sostenibles.
- Insumos agrícolas, como semillas, fertilizantes y plaguicidas.
- Máquinas e implementos agrícolas.
- Mano de obra capacitada para las operaciones agrícolas.

Adicionalmente, se deben considerar las necesidades de aporte de capital de inversión para gastos corrientes, capacidad de gestión del

negocio agrícola y escala adecuada. La escala puede obtenerse de grandes propiedades como también de la unión y organización de pequeños y medianos productores, de forma asociativa o cooperativista, lo cual permitirá generar ganancias que garanticen la sostenibilidad del negocio.

En el caso específico de América Latina, pareciera que no existe gran preocupación para la mayoría de los países con respecto a algunos factores. Por ejemplo, por situarse mayoritariamente en la franja tropical, la oferta de irradiación solar es privilegiada para casi todos los países, así como la oferta térmica, a excepción de las regiones en el tope de los Andes o el extremo sur del continente (Patagonia Argentina o lagos andinos de Chile). Asimismo la región es bien servida de lluvias o de ríos que permiten la irrigación, excepto en las regiones áridas o semiáridas (norte de Chile, Costa de Perú, noreste de Brasil y algunos sitios localizados).

El tema de la disponibilidad de tierra arable amerita un análisis especial. En América del Sur y América Central, existe disponibilidad de tierra para ampliación de la producción agrícola en la mayoría de los países. En el caso de las islas del Caribe, la situación es de restricción generalizada por la pequeña dimensión territorial o por los accidentes topográficos.

En relación con este tema, la FAO elaboró un estudio completo de amplitud global denominado *Land resource potential and constraints et at regional and country levels*. Uno de sus objetivos fue identificar el potencial de incremento del área cultivada, en diferentes países del mundo y las principales limitaciones físico-químicas de los suelos. Las principales fuentes de información para el estudio fueron el mapa de suelos del mundo, la base de datos climáticos y la base de datos de la FAO en cuanto a requerimientos de suelo y clima para 21 cultivos sin riego.

Los resultados permitieron clasificar los suelos altamente adecuados (VS), adecuados (S), moderadamente adecuados (MS), marginales

(M) y no adecuados (NA). A partir de esta clasificación, se calculó el área potencial de cada país a través de la fórmula  $VS + (S \times 0,7) + (MS \times 0,5) + (M \times 0,3)$ , que representa el área equivalente en términos de suelos altamente adecuados.

De acuerdo con la metodología utilizada por la FAO, el potencial de expansión de la agricultura de un país determinado, aunque esté expresado en hectáreas, no corresponde exactamente a 10 000 m<sup>2</sup> físicos, sino a su equivalente en hectáreas de suelos altamente adecuados. Por lo tanto, para establecer estrategias diferenciadas por país, el estudio presenta datos y conclusiones que permiten elaborar escenarios diferenciados según la disponibilidad de tierra arable y los desafíos para su incorporación al sistema productivo.

**Cuadro 8. Restricciones físico-químicas de los suelos de América Latina.**

Característica	*G ha	%
<b>Área total</b>	2,05	
<b>Hidromorfia</b>	0,21	10
<b>Baja CCC</b>	0,98	5
<b>Al<sup>+++</sup> tóxico</b>	0,80	39
<b>Alta fijación P</b>	0,30	15
<b>Verticidad</b>	0,04	2
<b>Salinidad</b>	0,11	5
<b>Afloramiento de rocas</b>	0,23	11
<b>Erodibilidad</b>	0,39	19

Fuente: FAO \* Billón de hectáreas

Con respecto a las principales restricciones, en el Cuadro 8 se muestra la situación específica de América Latina de acuerdo con los siguientes datos:

- Hidromorfia: baja capacidad de drenaje de los suelos, por lo que se requiere sistematización y líneas de drenaje para la utilización agrícola.

- Baja CCC (capacidad de cambio de cationes): en términos prácticos, baja capacidad de los suelos para retener los nutrientes adicionados por fertilización.
- Al<sup>+++</sup>tóxico: se refiere a suelos ácidos que necesitan calado.
- Verticidad: la presencia de argilas oscuras, con alta capacidad de expansión y contracción, lo cual rompe la superficie de suelo cuando se reduce la humedad.
- Salinidad (y sodicidad): presencia de altos tenores de sales solubles.
- Afloramiento de rocas: presencia de rocas o similares en los horizontes superficiales.
- Erodibilidad: alto riesgo de erosión de los suelos, ocasionado por altas pendientes o la tendencia a erosión debido a factores físico-químicos del suelo asociados con pendientes moderadas.

De acuerdo con el estudio de la FAO, 19% de los suelos de América Latina (397 millones de ha) no presentan ninguna de las principales restricciones al uso agrícola. Con excepción de la verticidad y el afloramiento de rocas, todas las demás restricciones pueden ser debidamente administradas a través de tecnologías adecuadas en los diferentes sistemas de producción. Sin embargo, incluso los suelos con restricciones de afloramiento o de verticidad pueden ser utilizados para fines agrícolas específicos, en especial con cultivos permanentes. En comparación con otras regiones del mundo, la alta toxicidad de aluminio y la alta capacidad de fijación de fósforo son más problemáticas en América Latina. En el Anexo 1 se presentan los detalles de restricciones de suelo para cada uno de los países de ALC.

El Cuadro 9 presenta el potencial de expansión de la agricultura en ALC. De conformidad con la FAO, el potencial total de expansión de la agricultura sub-continental, en términos de suelos altamente adecuados, es de 600 millones de hectáreas, pero se encuentran mal distribuidos entre los diferentes países.

**Cuadro 9. Área cultivada actual y potencial de expansión en ALC.**

País	Área total	Área cultivable (millones de ha)			
		Nominal	Corregida	Cultivo	Expansión
Chile	74,9	3,3	2,0	3,2	0,0
Rep. Dominicana	4,7	2,2	1,4	1,4	0,0
El Salvador	2,1	0,9	0,6	0,6	0,0
Haití	2,7	0,8	0,5	0,5	0,0
Jamaica	1,1	0,2	0,1	0,2	0,0
Honduras	11,2	3,4	2,2	2,0	0,1
Trinidad y Tobago	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1
Costa Rica	5,1	1,2	0,9	0,5	0,3
Belice	2,3	1,0	0,7	0,1	0,7
Guatemala	10,8	3,7	2,8	1,9	0,9
Panamá	7,8	2,4	1,6	0,7	0,9
Cuba	11,4	7,5	5,8	3,4	2,4
Nicaragua	14,4	5,5	3,7	1,3	2,4
Guyana Francesa	9,1	6,6	5,1	0,0	5,1

**Cuadro 9 (continuación).**

Ecuador	28,3	12,9	9,2	3,0	6,2
Surinam	16,4	9,3	6,7	0,1	6,7
Guyana	21,5	13,3	9,7	0,5	9,2
Paraguay	40,7	21,6	13,3	2,3	11,0
Uruguay	18,6	14,2	12,5	1,3	11,2
México	196,6	52,2	36,5	24,7	11,7
Perú	128,1	43,4	30,6	4,1	26,4
Venezuela	91,0	55,1	38,4	3,9	34,5
Colombia	113,6	65,5	47,7	5,5	42,2
Bolivia	109,6	61,9	46,1	2,4	43,7
Argentina	277,2	90,6	71,2	27,2	44,0
Brasil	847,9	549,4	393,8	50,7	343,1
<b>Total</b>	<b>2049,8</b>	<b>1028,5</b>	<b>743,2</b>	<b>143,4</b>	<b>599,9</b>

Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

Según el estudio de la FAO, el potencial de expansión agrícola muestra significativos contrastes entre los países de ALC, lo que permite identificar tres grandes grupos según la disponibilidad de cada país:

- **Baja disponibilidad:** Chile, República Dominicana, El Salvador, Haití, Jamaica, Honduras, Trinidad y Tobago, Costa Rica, Belice, Guatemala y Panamá. Este grupo de países tendría límites inferiores a un millón de hectáreas de suelos altamente adecuados.
- **Mediana disponibilidad:** Cuba, Nicaragua y Guyana Francesa, con disponibilidades de hasta cinco millones de hectáreas, lo que muestra una situación confortable para la oferta interna de biocombustibles, alimentos y otros productos agrícolas y con un pequeño margen para exportaciones agrícolas.
- **Alta disponibilidad:** Ecuador, Surinam, Guyana, Paraguay, Uruguay, México, Perú, Venezuela, Colombia, Bolivia, Argentina y Brasil, con disponibilidad entre 6 y 343 millones de hectáreas. Esto permite la

expansión de cualquier tipo de agricultura, incluso para proveer de alimentos y biocombustibles a otros países.

Disponer de un área reducida para la expansión agrícola no es suficiente para afirmar que determinado país esté imposibilitado para la producción de biocombustibles. El análisis completo de la ventaja comparativa del potencial de expansión del área agrícola necesita ser coordinado con las previsiones de demandas de los diferentes países, de acuerdo con los siguientes aspectos:

- **Capital.** La mayoría de los países de ALC requieren del aporte del crédito externo para implementar metas ambiciosas de producción de biocombustibles. En especial, los países que se dirigen hacia el mercado internacional necesitarán de inversionistas o empresarios mayoritarios o minoritarios en los emprendimientos de producción de biocombustibles, así como otras formas para obtener fondos de inversión, como los préstamos internacionales (de bancos de desarrollo o de la banca privada) o la oferta de participación accionaria a través de mecanismos bursátiles.

Si se considera la crisis financiera internacional iniciada a partir del segundo semestre del 2008, se encuentran dificultades de crédito o de emprendimientos de riesgo en el corto plazo. Mientras tanto, como es característico del capitalismo, una vez que se restablezca la confianza de los consumidores e inversionistas, la liquidez internacional volverá a niveles que permitirán retomar el crecimiento económico. En este caso, lo que hará la diferencia entre los países serán las condiciones de seguridad jurídica y el cumplimiento de contratos, la estabilidad política y económica, el rango del país, las agencias de clasificación de riesgo, el histórico del país en la toma de préstamos y su capacidad de pago, la legislación de remesas de ganancias a los países de origen del capital, entre otros.

- **Tecnología**<sup>9</sup>. Para establecer un negocio sostenible de biocombustibles, se necesita el desarrollo tecnológico en tres grandes vertientes: la producción de materia prima, los procesos de transformación y los motores para utilizar biocombustibles. Las formas de acceso a las tres vertientes son diferentes, pero siempre apuntan hacia la cooperación técnica multilateral en el ALC.

En cuanto a la tecnología de materia prima, se deben considerar los principales factores que definirán su protagonismo:

- **Densidad energética**, referido al volumen de energía que es posible extraer en forma de biomasa energética por unidad de área agrícola (hectárea).
- **Balance energético**, que corresponde a la relación entre la energía que ingresa en el sistema de producción y la energía producida. No se considera

la energía proveniente de la irradiación solar (fotosíntesis).

- **Costo de la energía**, calculado en términos de valor monetario por unidad de energía producida.

Las condiciones locales de producción serán las directrices que definan las materias primas predominantes para la producción de biomasa, siempre que se consideren los factores antes mencionados. De cualquier manera, la tecnología de materia prima es sencillamente agronómica, la cual puede ser transferida entre países una vez establecidos los mecanismos de cooperación. Las limitaciones podrían estar en las tecnologías protegidas, en especial las variedades, cultivares o híbridos, que pueden requerir mecanismos especiales de acceso.

En relación con las tecnologías de proceso, desarrolladas directamente por la iniciativa privada o por contrato de servicios con institutos o universidades, la transferencia ocurrirá a través de mecanismos convencionales de mercado hacia inversionistas o gobiernos locales, o por la participación de los detentores de la tecnología como socios en emprendimientos locales.

En cuanto a los motores, normalmente se utilizan tecnologías protegidas por patentes de las montadoras de vehículos. Sin embargo, existen diversas tecnologías de adaptación de motores originalmente fabricados para utilización de gasolina o petrodiesel que pueden ser convertidos para uso de biocombustibles. Estas tecnologías son de dominio público y pueden ser transferidas a los países que así lo deseen.

- **Capacidad de gestión**. Existen algunas experiencias interesantes en cuanto a la producción y comercialización de biocombustibles. El caso más conocido es la

<sup>9</sup> En el tema tecnológico también se deben considerar elementos como: a) manejo de residuos agroindustriales generados en la fase de cosechas y transformación, y b) el depósito y comercialización de biocombustibles en las estaciones de servicios y centros de distribución que tienen una alta solubilidad y volatilidad. Su análisis corresponderá a la elaboración de próximos estudios del IICA.

introducción del etanol en la matriz energética de Brasil. Diversos cursos de especialización y maestría en agroenergía, ofrecidos por universidades brasileñas, incluyen la enseñanza de métodos de gestión del negocio de biocombustibles, basados en el éxito de los programas de biocombustibles de Brasil. Esta experiencia podría ser objeto de un programa de cooperación para capacitar empresarios y formuladores de políticas públicas de los demás países de ALC.

- **Mercado doméstico.** En el 2008, el mercado estimado de diesel en ALC fue de

aproximadamente 101 billones de litros y de gasolina de 132 billones de litros (cuadros 10 y 11). En relación con el área potencial de expansión, los países con baja disponibilidad de tierra (Chile, República Dominicana, el Salvador, Haití, Jamaica, Honduras, Trinidad y Tobago, Costa Rica, Belice, Guatemala y Panamá) representan cerca de 10% del consumo regional de diesel o de gasolina. Los consumos más elevados de Brasil, México, Colombia y Venezuela también pertenecen al grupo de países de más alta disponibilidad de tierras arables para expansión de la agricultura.

**Cuadro 10. Consumo de diesel en ALC.**

Región / país	Millones de litros			
	1990	2000	2003	2008*
América Central y el Caribe	11 443	14 990	16 552	26 485
América del Sur	29 874	46 398	47 018	75 229
Total	41 317	61 387	63 571	101 714
Argentina	4 522	7 915	6 637	10 619
Bolivia	269	370	463	741
Brasil	17 939	26 280	27 325	43 720
Chile	1 477	3 051	3 207	5 131
Colombia	925	1 830	2 058	3 293
Costa Rica	345	465	610	976
Cuba	442	262	245	392
Rep. Dominicana	351	871	682	1 091
Ecuador	887	1 730	1 931	3 090
El Salvador	262	514	519	830
Guatemala	274	601	753	1 205
Haití	84	140	163	261
Honduras	211	346	457	731
Jamaica	109	143	167	267
México	8 726	10 465	11 372	18 195
Antillas Danesas	221	315	369	590
Nicaragua	163	346	352	563
Panamá	179	307	643	1 029
Paraguay	424	795	986	1 578
Perú	1 157	2 147	2 213	3 541
Trinidad y Tobago	77	213	221	354
Uruguay	275	559	522	835
Venezuela	1 998	1 722	1 676	2 682

\* Estimado.

Fuente: Instituto Mundial de Recursos.

En el 2008, el consumo total de diesel en ALC se estimó en 101 mil millones de litros, lo que representa un crecimiento de 60% en los últimos cinco años o de 146% desde el 2000. Los números indican una aceleración en la tasa de incremento de consumo de diesel, soportada por el desarrollo económico más intenso y por bajas tasas de inflación (mejor distribución de renta).

Los grandes consumidores de diesel en el continente son Brasil, México y Argentina. Los números referentes al consumo de gasolina indican un crecimiento del 63% en los últimos cinco, comparados con 102% en los últimos 18 años, seguramente debido a las mismas razones expuestas anteriormente relacionadas con el incremento del consumo de diesel.

**Cuadro 11. Consumo de gasolina en ALC.**

Región / país	Millones de litros			
	1990	2000	2003	2008*
América Central y el Caribe	29 991	35 536	39 302	62 883
América del Sur	35 377	45 658	43 579	69 725
Total	65 368	81 194	80 602	132 608
Argentina	5 451	4 392	3 144	3 616
Bolivia	465	553	663	762
Brasil	9 061	16 439	15 389	24 500
Chile	1 783	3 091	2 702	3 107
Colombia	5 671	5 486	4 788	5 506
Costa Rica	250	710	788	906
Cuba	1 325	492	533	613
Rep. Dominicana	693	1 599	1 296	1 490
Ecuador	1 603	1 852	2,28	3
El Salvador	215	440	501	576
Guatemala	405	976	1 023	1 176
Haití	78	128	138	159
Honduras	171	396	414	476
Jamaica	306	638	672	773
México	25 601	28 906	32 601	37 491
Antillas Danesas	110	123	158	182
Nicaragua	113	192	215	247
Panamá	273	506	523	601
Paraguay	158	206	215	247
Perú	1 381	1 187	1 021	1 174
Trinidad y Tobago	450	430	440	506
Uruguay	274	372	245	282
Venezuela	9 531	12 080	13 131	15 101

\* Estimado

Fuente: Instituto Mundial de Recursos.

Las ventajas comparativas de los países de ALC observadas para la producción de biocombustibles son los recursos naturales, como la oferta de suelo agrícola y el clima adecuado, lo que incluye una estación de cultivo amplia y una oferta de agua suficiente para altas productividades. Paralelamente, la oferta tecnológica, la mano de obra, la capacidad gerencial, el capital

de inversión, entre otros, son importantes diferenciales de competitividad. Adicionalmente, la dimensión del mercado interno y el acceso a fuentes fósiles de combustibles o diferenciales competitivos relativos a la potencialidad de producción de energía a partir de otras fuentes renovables son elementos fundamentales para establecer una producción sostenible de biocombustibles.

## 4. Posibles impactos socioeconómicos de la producción de biocombustibles

### 4.1 Impactos sobre la oferta de alimentos, competencia por tierra y agua, sustitución de producción de alimentos

Con base en las estadísticas poblacionales, previsión de crecimiento de la población (Cuadro 12 y Figura 16), esperanza de vida (figuras 17

y 18), serie histórica y previsión de crecimiento del PIB (Figura 19), tasa de inflación (Figura 20) y el crecimiento de la renta per cápita<sup>10</sup> (Figura 21), es posible estimar el crecimiento de la demanda de área para la producción de alimentos, fibras, productos forestales y para pasturas (Anexo 1).

**Cuadro 12. Datos demográficos de ALC.**

Región / País	Millones habitantes			Incremento (%)	
	2007	2025	2050	Anual	2025-50
ALC	569	691	784	1,5	38
América Central	148	181	205	1,8	39
Belice	0,3	0,4	0,6	2,3	85
Costa Rica	4,5	5,6	6,3	1,2	41
El Salvador	6,9	9,0	11,9	1,9	73
Guatemala	13,4	19,9	27,5	2,8	106
Honduras	7,1	9,7	12,1	2,1	70
México	106,5	124,7	132,3	1,7	24
Nicaragua	5,6	7,5	9,8	2,3	75
Panamá	3,3	4,2	5,0	1,5	50
Caribe	40	46	51	1,1	27
Antigua y Barbuda	0,1	0,1	0,1	1,5	0
Bahamas	0,3	0,4	0,5	1,0	36
Barbados	0,3	0,3	0,3	0,6	-8
Cuba	11,2	11,5	10,8	0,3	-4
Dominica	0,1	0,1	0,1	1,7	20
Rep. Dominicana	9,4	11,9	14,7	1,8	57
Granada	0,1	0,1	0,1	1,2	-12
Guadalupe	0,5	0,5	0,5	1,0	4
Haití	9,0	11,5	14,3	1,8	59
Jamaica	2,7	3,0	3,4	1,1	26
Martinica	0,4	0,4	0,4	0,7	-12

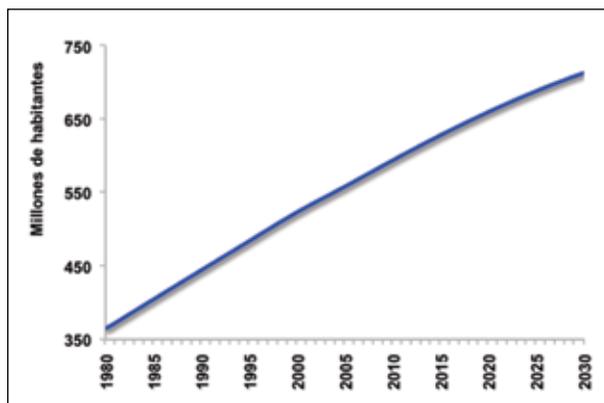
<sup>10</sup> Para las estimaciones contenidas en las figuras 19 y 21, se adoptó el concepto de *worst case*, o sea, las estimaciones que en el rango de razonabilidad presionarían más el modelo. Esto incrementaría la demanda de área agrícola para la producción de alimentos o de energía.

**Cuadro 12 (continuación).**

Antillas Danesas	0,2	0,2	0,2	0,5	11
Puerto Rico	3,9	4,1	3,8	0,5	-4
San Cristóbal y Nieves	0,05	0,1	0,1	1,0	34
Santa Lucía	0,2	0,2	0,2	0,8	31
San Vicente y Granadinas	0,1	0,1	0,1	1,1	-12
Trinidad y Tobago	1,4	1,5	1,4	0,6	-1
América del Sur	381	463	528	1,5	38
Argentina	39,4	46,4	53,7	1,2	36
Bolivia	9,8	13,3	16,0	2,1	63
Brasil	189,3	228,9	259,8	1,4	37
Chile	16,6	19,1	20,2	1,0	22
Colombia	46,2	55,6	61,9	1,5	34
Ecuador	13,5	17,5	20,4	2,0	51
Guyana Francesa	0,2	0,3	0,4	2,7	84
Guyana	0,8	0,8	0,6	1,2	-15
Paraguay	6,1	8,0	9,9	2,1	61
Perú	27,9	34,1	39,0	1,5	40
Surinam	0,5	0,5	0,5	1,4	-7
Uruguay	3,3	3,5	3,6	0,6	9
Venezuela	27,5	35,2	41,8	1,7	52

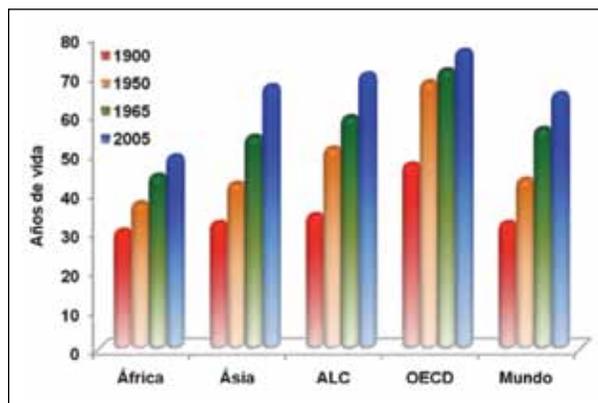
Fuente: Population Reference Bureau 2007.

**Figura 16. Crecimiento de la población en ALC.**



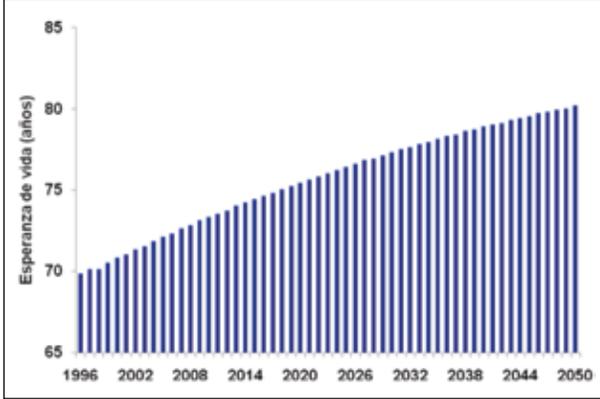
Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

**Figura 17. Esperanza de vida al nacer para diferentes regiones del mundo.**



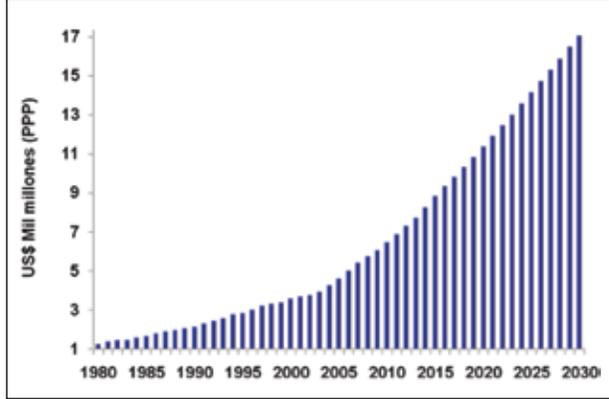
Fuente: FMI 2008.

**Figura 18. Esperanza de vida al nacer para ALC, proyectadas al 2050.**



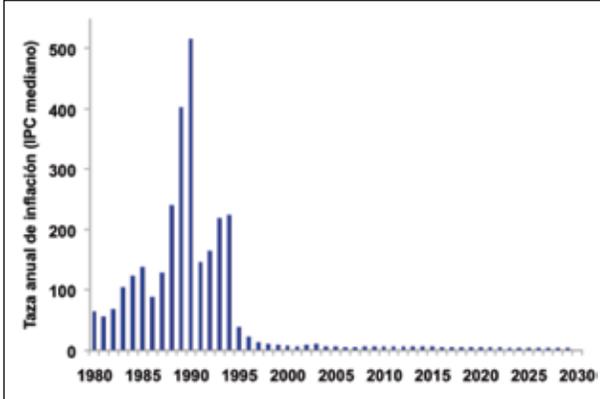
Fuente: US Census Bureau.

**Figura 19. Evolución del PBI en ALC.**



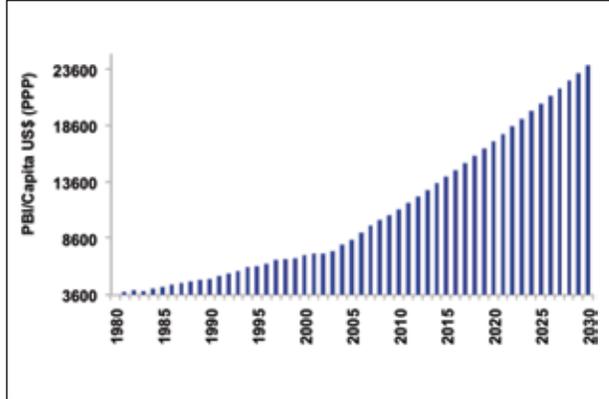
Fuente: FMI 2008. Las estimaciones del 2009 al 2030 fueron realizadas por el autor.

**Figura 20. Tasa de inflación anual promedio en ALC.**



Fuente: Estimaciones elaboradas por el autor con datos del Instituto Mundial de Recursos.

**Figura 21. PBI per cápita en ALC.**



Fuente: FMI 2008. Las estimaciones del 2009 al 2030 fueron realizadas por el autor.

Para el cálculo de la demanda de leña, se consideró como punto de partida el consumo promedio de una persona de 0,5 t de leña por año, con densidad de 390kg/m<sup>3</sup>. También se consideró la población urbana y rural que utiliza leña para cocinar según se presenta en el Cuadro 13.

Como premisa, se mantuvo el consumo per cápita durante el período, pero se consideró

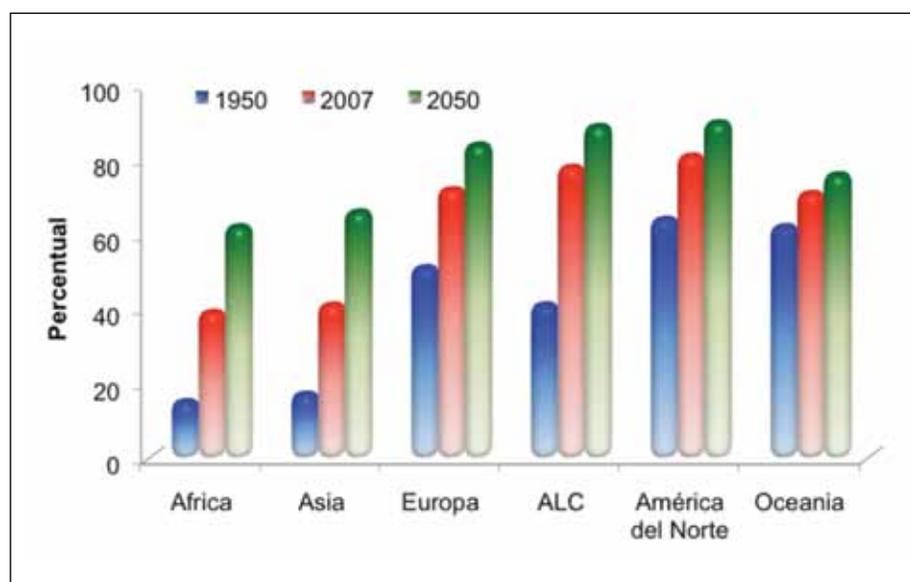
una tasa de sustitución de leña por otras fuentes de energía de 2% de la población inicial, a cada año, basado en las estimaciones presentadas en la Figura 22. Así, para el 2010 se consideró que el 22% de la población de ALC (132 millones de hectáreas) utilizaría leña para cocinar, mientras que solamente el 12% (88 millones de hectáreas) utilizaría leña para cocinar en el 2030.

**Cuadro 13. Población total, rural y urbana de ALC que utiliza leña para cocinar, en comparación con otras regiones y países emergentes.**

Región	Población		Rural		Urbana	
	Porcentaje	Millones	Porcentaje	Millones	Porcentaje	Millones
África del Sur, Sahara	76	575	93	413	58	162
Norte de África	3	4	6	4	1	1
India	69	740	87	663	25	77
China	37	480	55	428	10	52
Indonesia	72	156	95	110	45	46
Resto de Asia	65	489	93	455	35	92
ALC	23	132	60	85	9	37

Fuente: World Energy Outlook 2006.

**Figura 22. Porcentual de habitantes del medio urbano en ALC.**

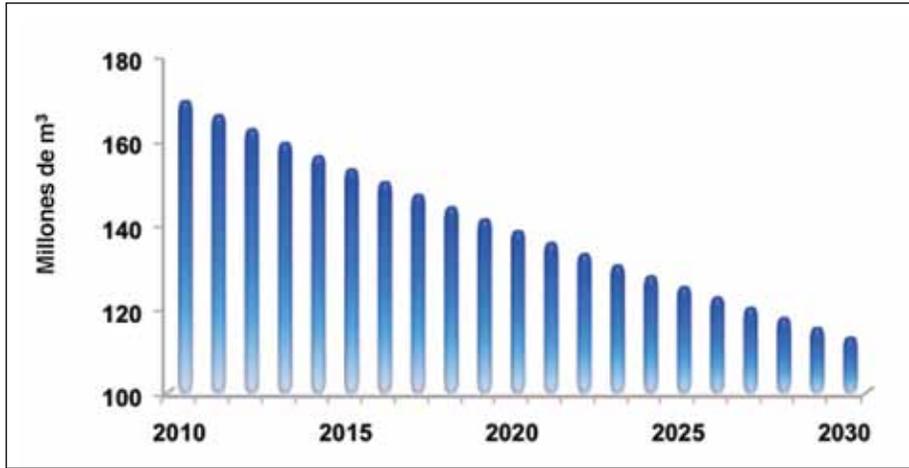


Fuente: UN Population Division, World Urbanization Prospects 2007.

La Figura 23 presenta la demanda de leña para cocinar en ALC, la cual disminuye de 170 m<sup>3</sup> en el 2010 a 112 m<sup>3</sup> en el 2030, a pesar del crecimiento poblacional; sin embargo, todavía

expresa la tendencia de largo plazo de sustitución de leña por otros combustibles, sea el butano o la electricidad, en especial en virtud de la creciente urbanización de la población.

**Figura 23. Demanda de leña para cocinar en ALC.**

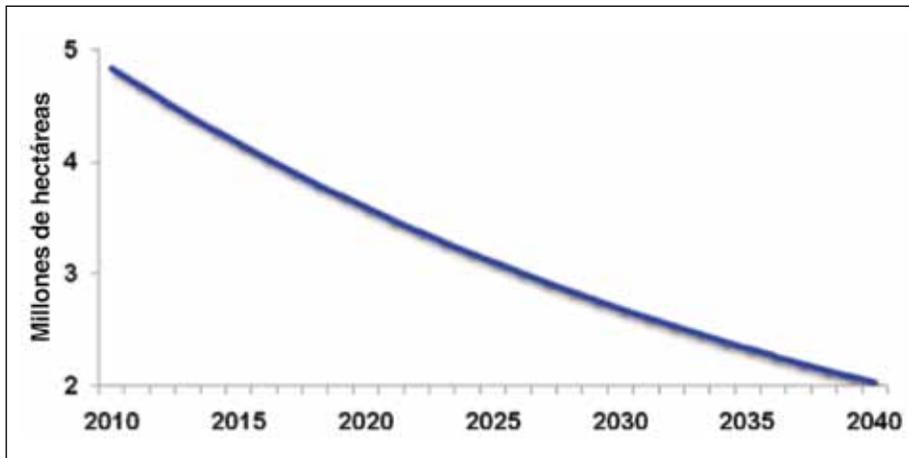


Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 24 se visualiza la demanda de área para florestas energéticas necesaria para atender la oferta de leña que se muestra en la Figura 23. Aquí es posible observar que el área requerida

disminuye de cinco a dos millones de hectáreas aproximadamente, lo que se explica en parte por la disminución del consumo y el aumento de la productividad de leña por hectárea.

**Figura 24. Demanda de área para producción de leña para cocinar en ALC.**

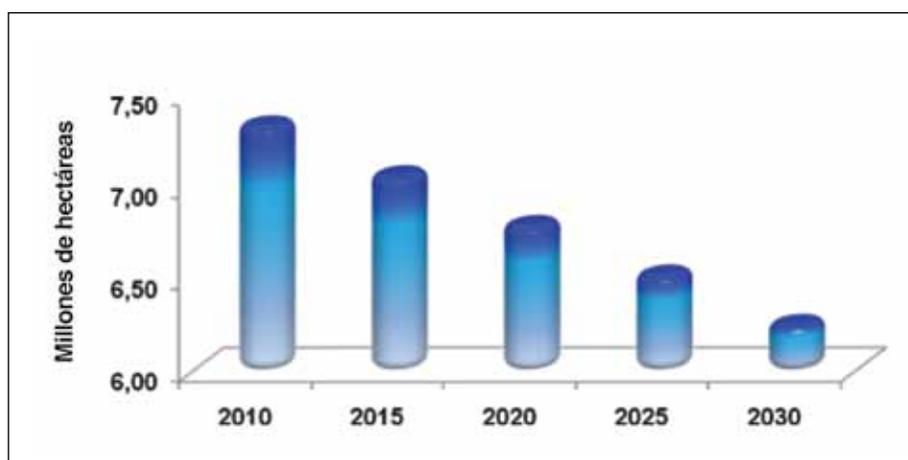


Fuente: Elaboración del autor.

Para el cálculo de la necesidad de área para la producción de alimentos y fibras en el sub-continente, se consideraron como punto de partida las estadísticas de producción de los siguientes cultivos: frijol, casava, algodón, maíz, papa, arroz, soya, caña de azúcar, hortalizas y trigo (FAO FAOSTAT). Se tomó en cuenta el avance anual de 1,5% en la productividad de todos

los cultivos, aunque en la mayoría de los casos, exista un espacio mucho más amplio para el crecimiento de la productividad y, consecuentemente, una fuerte reducción de la demanda de área (concepto de *worst case*). Como ejemplo, la demanda de área para cultivo de frijol disminuye en 1,05 millones de hectáreas entre el 2010 y el 2030 (Figura 25).

**Figura 25. Demanda de área para producción de frijol en ALC.**

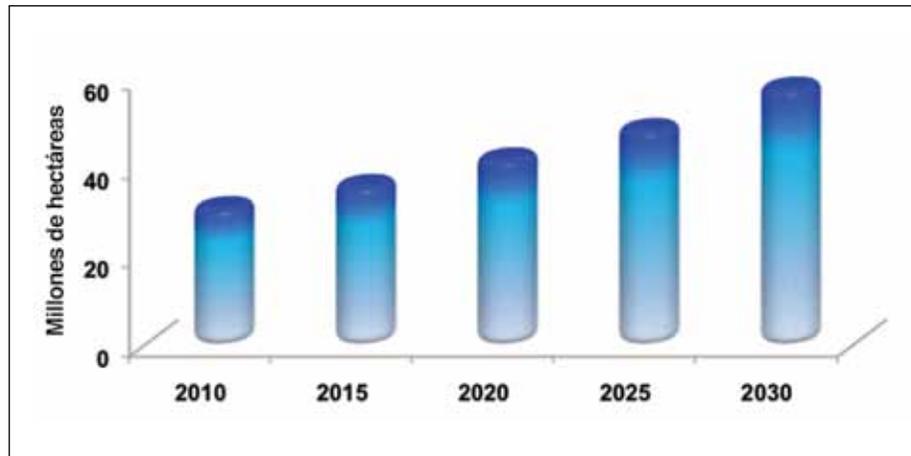


Fuente: Elaboración del autor.

Dos factores son responsables de la reducción del área de producción del frijol. En primer lugar, la tecnificación de la producción, que permitirá incrementos de productividad en el corto y el mediano plazo. En segundo lugar, la progresiva urbanización y los cambios de estilos de vida, con los consecuentes patrones alimentarios en perjuicio del consumo de este producto. El impacto ocurrirá especialmente en Brasil, el cual es gran productor y consumidor de frijol.

Entre el 2010 y el 2030, la demanda de área para producción de casava en ALC se incrementará de 36 a 58 millones de hectáreas (Figura 26), debido a las mejoras de la renta per cápita en regiones de larga tradición de consumo de este producto y por su creciente procesamiento para la obtención de derivados para la industria nutricional u otros fines.

**Figura 26. Demanda de área para producción de casava en ALC.**

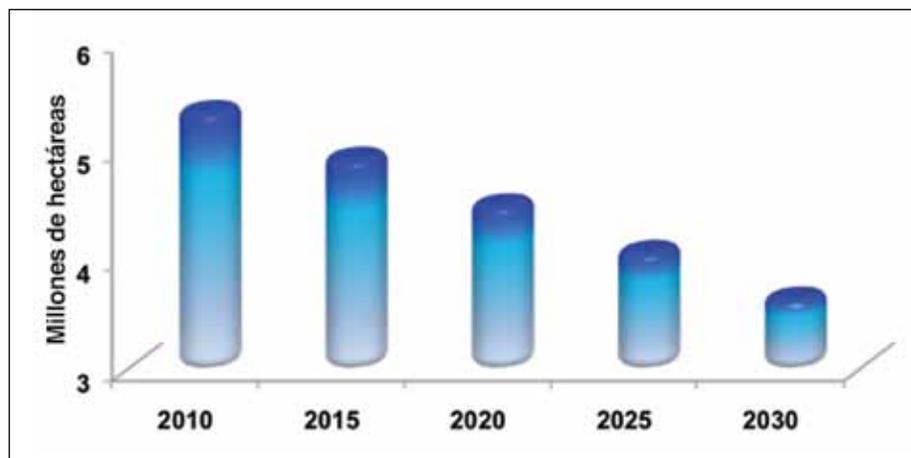


Fuente: Elaboración del autor.

El área de cultivo de arroz se reducirá en el período comprendido entre el 2010 y el 2030,

aunque en este mismo lapso la producción total se incrementará (Figura 27).

**Figura 27. Demanda de área para producción de arroz en ALC.**



Fuente: Elaboración del autor.

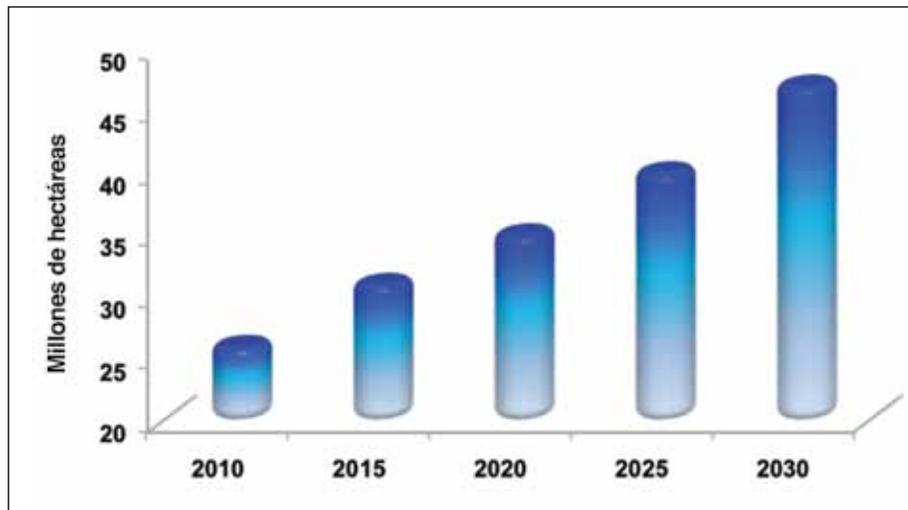
Las razones fundamentales de estas proyecciones son el incremento en la productividad del cultivo y la disminución de consumo per cápita, en parte por la reducción del consumo de frijón por un efecto de sustitución, una vez que las demandas de los dos productos estén asociadas. El promedio de rendimiento de arroz

en ALC es de aproximadamente 4 t/ha, mientras que en Uruguay el valor sobrepasa las 7 t/ha. La tendencia de largo plazo es que la productividad promedio de ALC se aproxime del techo de Uruguay y disminuya la presión por expansión del área, la cual bajará de los actuales 5,3 millones de hectáreas a 3,7 millones.

Las previsiones más realistas señalan que el maíz sufrirá un gran impulso en ALC, en el mediano y largo plazo. Las principales razones son el incremento en el consumo directo y, en especial, los cambios en los hábitos alimenticios, con mayor proporción de proteínas animales en la canasta familiar, lo que representa una demanda más alta de maíz para la alimentación de pollos y otros animales domésticos

y de crianza. Sin embargo, la razón preponderante del aumento de la producción de maíz será la demanda de otros países fuera de ALC y la reducción de la presencia de EE.UU. en el mercado internacional, por el aumento vertiginoso en su consumo doméstico. En esta condición, el modelo de demanda registraría a un crecimiento del área cultivada con maíz de 26 a 47 millones de hectáreas (Figura 28).

**Figura 28. Demanda de área para producción de maíz en ALC.**

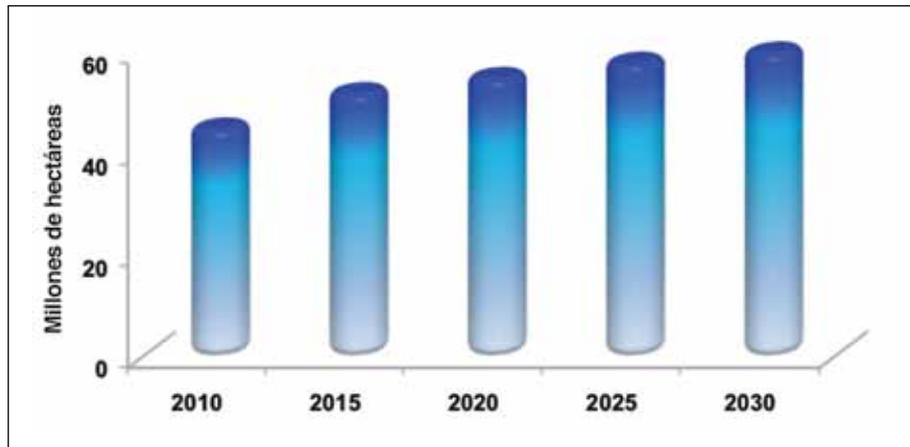


Fuente: Elaboración del autor.

La lógica para fundamentar la expansión del área de cultivo de maíz en ALC puede ser sustituida hacia la soya. El área de cultivo de este producto debería incrementarse de 45 a 60 millones de hectáreas entre el 2010 y el 2030 (Figura 29). Aunque el consumo directo no representa gran importancia en su expansión, el incremento en el consumo de proteínas de origen animal en la región y la fuerte

demanda de aceite y proteína en el mundo (además de que pocos países pueden expandir la producción en altos volúmenes en el corto plazo) podrían generar una mayor ampliación de la producción de soya. Parte de la expansión sería soportada por incrementos en la productividad, pero no será suficiente para impedir una fuerte demanda adicional del área cultivada.

**Figura 29. Demanda de área para producción de soya en ALC.**



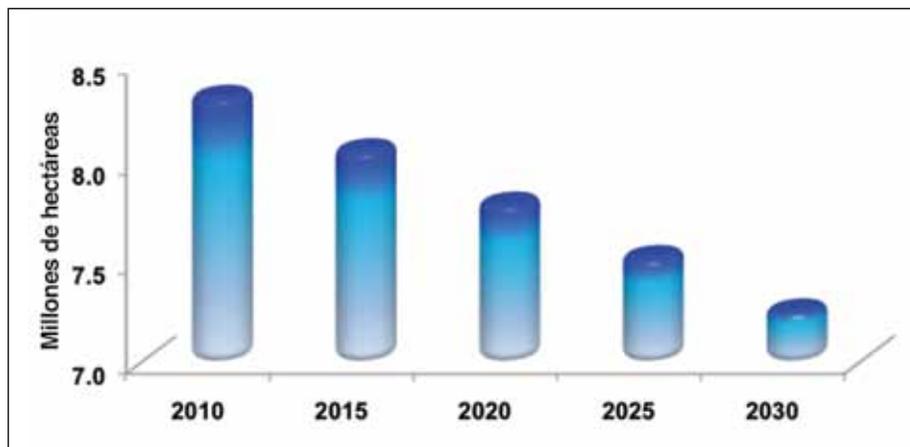
Fuente: Elaboración del autor.

En el caso del trigo, la demanda de área se reducirá entre el 2010 y el 2030, debido a la mayor productividad de los cultivos, mientras que la producción total seguirá creciendo. Se estima que, en el 2030, el área cultivada será de un millón de hectáreas, menor que en el 2010 (Figura 30).

Por otra parte, mientras que el centro de origen de la papa esté situado en América Latina,

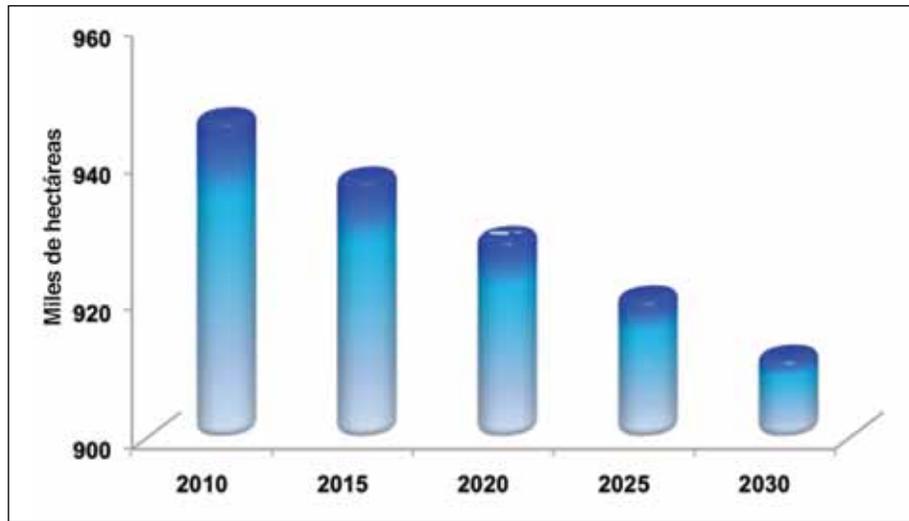
no es un cultivo que ocupe una gran área en la región. Actualmente, se estima en 950 mil hectáreas el área cultivada con papa en ALC, la cual deberá mantenerse casi estable, con una reducción estimada del 5% hasta el 2030 (Figura 31). El incremento de consumo será cubierto por mejoras en la productividad del cultivo.

**Figura 30. Demanda de área para producción de trigo en ALC.**



Fuente: Elaboración del autor.

**Figura 31. Demanda de área para producción de papa en ALC.**

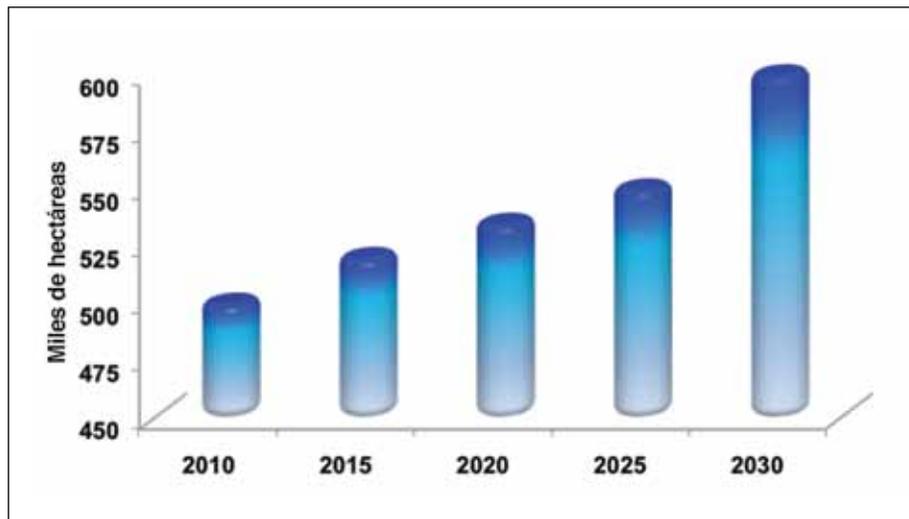


Fuente: Elaboración del autor.

En otro orden, la producción de hortalizas continuará incrementándose en el período comprendido entre el 2010 y el 2030, debido a la tasa de urbanización, el aumento de la renta per cápita y los cambios en los patrones alimenticios, en especial con las recomendaciones de ingestión de fibras y de alimentos funcionales

para una nutrición saludable. Sin embargo, cuando se trata de productos de cultivo intensivo, alta agregación tecnológica, productividad intensiva, con 30 a 60 días de siembra, el impacto en la demanda de área podría ser muy pequeño (Figura 32).

**Figura 32. Demanda de área para producción de hortalizas en ALC.**

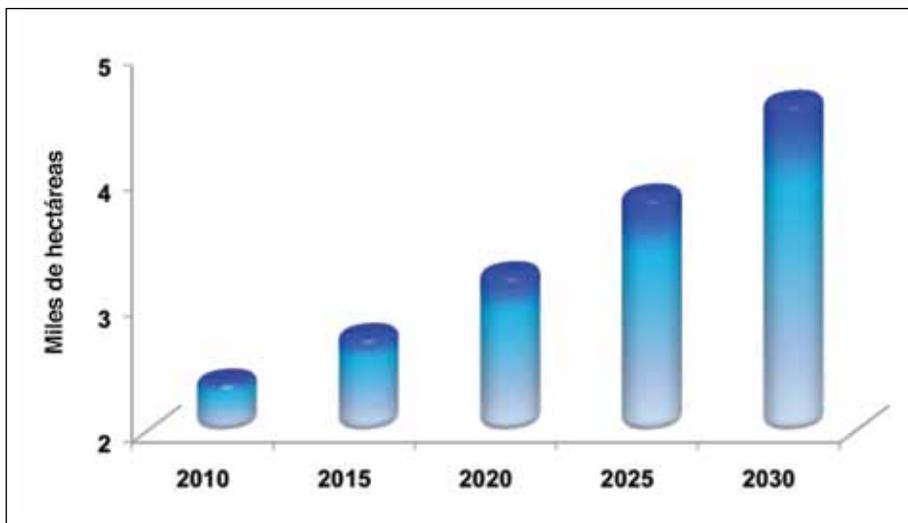


Fuente: Elaboración del autor.

Por otro lado, la producción de algodón, que se redujo recientemente, volverá a crecer en el período considerado, lo cual se debe al incremento de la demanda por fibras y principalmente al cambio en la demanda de productos

sintéticos por fibras naturales. Se prevé un crecimiento de aproximadamente 50% (2,3 millones de hectáreas) del área cultivada en la región (Figura 33).

**Figura 33. Demanda de área para producción de algodón en ALC.**



Fuente: Elaboración del autor.

Los productos agrícolas considerados en este estudio representan más del 80% de los cultivos anuales en escala regional que, en total, ocupan 146 millones de hectáreas. Además, se deben agregar las siguientes apreciaciones:

- a. **Cultivos permanentes**, como frutícolas, los cuales demandaron en el 2008 20 millones de hectáreas. Se puede estimar un crecimiento vegetativo del 2% al año (demanda de mercado descontados los incrementos de productividad), lo que representa una demanda de 29 millones de hectáreas en el 2030. En el Cuadro 14 se presenta el uso de la tierra de los países de ALC.
- b. **Área de florestas cultivadas**, que correspondió en el 2008 a 13,25 millones de hectáreas, donde se puede observar un incremento similar de oferta de madera para la industria (papelera, carbonera,

de mueblería, de construcción de casas, entre otros) de 2% al año. Esto implica una demanda adicional de área de 6,43 millones de hectáreas (Cuadro 14).

- c. **Área de pasturas**, que actualmente ocupan 557 millones de hectáreas. La producción pecuaria extensiva en ALC es ineficiente. En virtud de la elevada disponibilidad de área, hubo poca preocupación de parte de los ganaderos por mejorar su sistema de producción, particularmente en lo que se refiere a alimentación animal, aunque se hayan registrado avances importantes en términos de genética y de sanidad animal.

Hasta el momento, el bajo valor de la tierra no ha permitido incentivar su uso mediante mejores mecanismos de pasturas e integración agrícola. Sin embargo, el ambiente comercial está cambiando rápidamente, con las presiones en

temas ambientales, económicos y sociales, lo que podría provocar que el sistema productivo ganadero experimente, en el mediano plazo, cambios profundos en el manejo del ganado.

En diversos países, especialmente Brasil, Uruguay y Argentina, se observa un cambio radical en el sistema, con la integración entre la producción agrícola y pecuaria. En la práctica, el productor ganadero empieza un proceso de mejora en las pasturas y dedica una parcela del área (normalmente 50%) para la producción agrícola (soya, maíz, trigo, girasol, entre otros). Durante dos a tres años, antes de introducir otras en la misma parcela, el resto del área se transforma de pastura a producción agrícola.

En los años siguientes, el sistema sigue intercambiando pasturas y agricultura, de manera que los fertilizantes químicos residuales de la agricultura benefician a las pasturas, mientras la materia orgánica y los cambios en la composición de los microorganismos del suelo benefician a los cultivos agrícolas.

Los productores que se han adherido a este sistema reportan incrementos de productividad agrícola entre 15% y 20% y hasta un 200% de aumento en el número de cabezas por hectáreas. Para el estudio de la demanda del área, la población ganadera se incrementa en 2% al año (consumo de carne y leche) y la extracción aumenta de 15% a 22%, lo cual muestra mayor precocidad, mejor calidad y mayor ganancia de peso.

A partir de un análisis algo conservador, los incrementos de productividad en la explotación

pecuaria empezarían en el 2011 con un 1,5% y aumentarían progresivamente cada año hasta llegar al 2030 con incrementos de 5%. En la práctica, esto representa que:

- La población ganadera de ALC se incrementaría de 345 millones a 560 millones de cabezas.
- La lotación aumentaría de 0,6 cabezas/ha a 1,15 cabezas/ha, muy debajo de los mejores resultados verificados actualmente con promedios de 2,4 cabezas/ha en crianza extensiva.
- Consecuentemente, la demanda de área de pasturas disminuiría de 557 a 485 millones de hectáreas, lo que significa la liberación de 72 millones de hectáreas para otros usos agrícolas. En la Figura 34 se presentan las curvas de avance de estos tres indicadores.

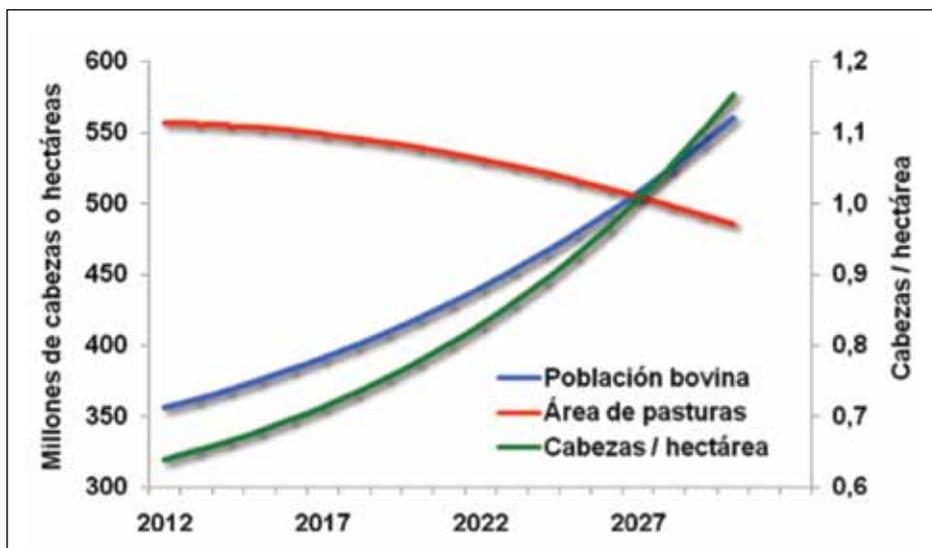
Con base en los cuadros 10 y 11 referidos al consumo actual de combustibles, en las estadísticas poblacionales y la previsión de crecimiento de la población (Cuadro 12 y Figura 16), la esperanza de vida (Figura 17), la serie histórica y la previsión del crecimiento del PIB (Figura 18), la tasa de inflación (Figura 19) y el crecimiento de la renta per cápita (Figura 20), es posible estimar el crecimiento de la demanda de combustibles líquidos por país y en la región, donde se consideran los avances tecnológicos en los vehículos y motores, así como el incremento en los rendimientos agrícolas y de la industria de biocombustibles.

**Cuadro 14. Uso del área por país de ALC (millones de hectáreas) al 2005.**

Pais	Área total	Área terrestre	Aguas interiores	Área agrícola	Área cultivada total	Cultivos temporales	Cultivos permanentes	Área agrícola de expansión	Pasturas	Total Florestas	Florestas nativas	Florestas cultivadas	Otras áreas con árboles	Otras
Trinidad y Tobago	0,513	0,513	0	0,133	0,122	0,075	0,047	0,011	0,011	0,226	0,211	0,015	0,074	0,154
Jamaica	1,099	1,083	0,016	0,513	0,284	0,174	0,11	0,229	0,229	0,339	0,325	0,14	0,188	0,231
El Salvador	2,104	2,072	0,032	1,704	0,91	0,66	0,25	0,794	0,794	0,298	0,097	0,006	0,201	0,07
Belize	2,297	2,281	0,016	0,152	0,102	0,07	0,032	0,05	0,05	1,653	1,653	0	0,115	0,476
Haití	2,775	2,756	0,019	1,59	1,1	0,78	0,32	0,49	0,49	0,105	0,081	0,024	0	1,061
Rep. Dominicana	4,873	4,838	0,035	3,42	1,32	0,82	0,5	2,1	2,1	1,376	1,376	0	0,678	0,042
Costa Rica	5,11	5,106	0,004	2,895	0,555	0,225	0,33	2,34	2,34	2,391	2,391	0	0,01	0
Panamá	7,552	7,443	0,109	2,23	0,695	0,548	0,147	1,535	1,535	4,294	4,233	0,06	1,288	0,919
Guyana Francesa	9	8,815	0,185	0,023	0,016	0,012	0,004	0,007	0	8,063	8,063	0	0	0,729
Guatemala	10,889	10,843	0,046	4,652	2,05	1,44	0,61	2,602	2,602	3,938	3,816	0,122	1,672	2,253
Cuba	11,086	10,982	0,104	6,597	4,338	3,665	0,673	2,259	2,259	2,713	2,713	0,23	0,26	1,672
Honduras	11,209	11,189	0,02	2,936	1,428	1,068	0,36	1,508	1,508	4,648	3,773	0	0,71	3,605
Nicaragua	13	12,14	0,86	5,326	2,161	1,925	0,236	3,165	3,165	5,189	5,138	0,051	1,022	1,625
Surinam	16,327	15,6	0,727	0,091	0,07	0,06	0,01	0,021	0,021	14,776	14,764	0,007	0	0,733
Uruguay	17,622	17,502	0,12	14,955	1,412	1,37	0,042	13,543	13,543	1,506	0,74	0,751	0,004	1,041
Guyana	21,497	19,685	1,812	1,74	0,51	0,48	0,03	1,23	1,23	15,104	15,104	0	3,58	2,842
Ecuador	28,356	27,684	0,672	7,552	0,752	2,562	1,348	6,8	7,4	10,853	10,689	0,164	1,448	9,279
Paraguay	40,675	39,73	0,945	24,258	4,298	4,2	0,098	19,96	19,96	18,475	18,432	0,043	0	0
Chile	75,663	74,88	0,783	15,245	2,315	1,95	0,365	12,93	12,93	16,121	13,185	2,661	13,241	43,514
Venezuela	91,205	88,205	3	21,69	3,45	2,65	0,8	18,24	18,24	47,713	47,713	0	7,369	18,802
Bolivia	109,858	108,438	1,42	37,768	3,256	3,05	0,206	34,512	34,512	58,74	31,388	0,02	2,743	11,93
Colombia	114,175	110,95	3,225	42,557	3,613	2,004	1,609	38,944	38,944	60,728	60,399	0,312	18,202	7,665
Perú	128,522	128	0,522	21,31	4,31	3,7	0,61	17	17	68,742	67,988	0,754	22,132	37,948
México	196,438	194,395	2,043	107,5	27,6	25	2,6	79,9	79,9	64,238	63,68	0,986	19,908	22,657
Argentina	278,04	273,669	4,371	129,355	29,505	28,5	1,005	99,85	99,85	33,021	31,792	1,229	60,961	111,293
Brasil	851,488	845,942	5,546	263,6	66,6	59	7,6	197	197	477,698	472,314	5,834	0	104,644
Total	2049,761	2023,145	26,616	719,146	162,366	145,739	19,785	556,78	557,373	922,383	881,522	13,254	155,544	384,8

Fuente: FAO (FAOSTAT 2008) y Global Forest Resources Assessment.

**Figura 34. Parámetros de la producción ganadera en ALC.**



Fuente: Elaboración del autor.

A partir de la demanda de combustibles, se pueden establecer escenarios con diferentes políticas públicas en un horizonte temporal de mediano y largo plazo. Para los datos que se presentan en secuencia, se consideró el escenario en que se promovería una introducción progresiva (2010-2030) de los biocombustibles en la matriz energética de todos los países de la región. Se iniciaría con 5% de sustitución de gasolina por etanol y de diesel por biodiesel a partir del 2015 y se incrementaría un 5% a cada cinco años (10% en el 2020, 15% en el 2025 y 20% en el 2030)<sup>11</sup>.

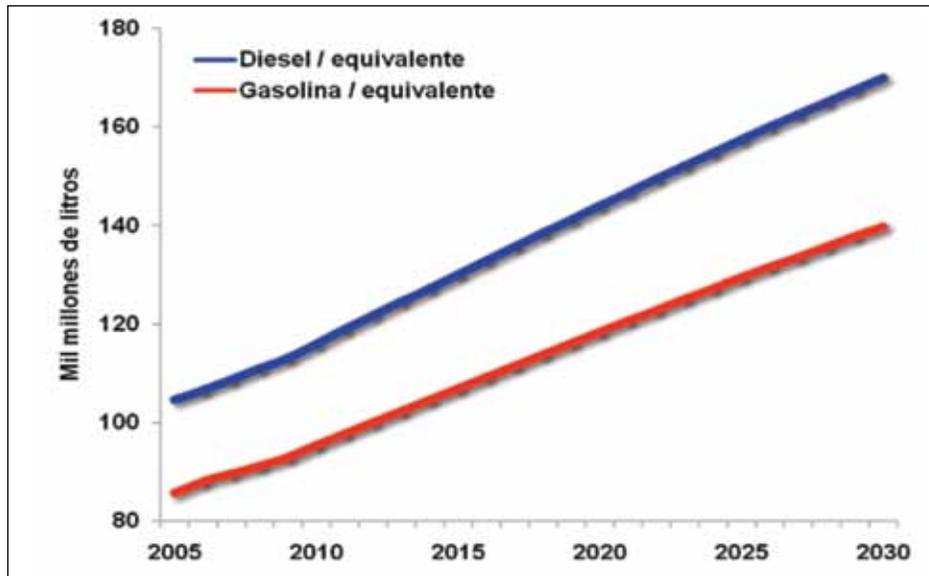
En la Figura 35 se consolida la demanda conjunta de combustibles fósiles y biocombustibles en ALC, para el grupo de la gasolina y sucedáneos, y para el grupo de diesel y

sucedáneos. Se tomaron en cuenta los factores de expansión de la demanda (incremento de la población, renta per cápita, esperanza de vida y desarrollo económico) y disminución del consumo (eficiencia energética más elevada de vehículos, motores y nuevos materiales, reducción del peso, la resistencia y la generación de calor). Los valores obtenidos son consistentes con el patrón de crecimiento de la demanda mundial de combustibles, el cual se obtuvo mediante otro modelo matemático desarrollado por el autor (Figura 36).

A partir de la demanda de combustibles líquidos, se puede estimar la necesidad de etanol y de biodiesel necesaria para la mezcla o sustitución progresiva de la gasolina y del diesel, como se indicó en el párrafo anterior.

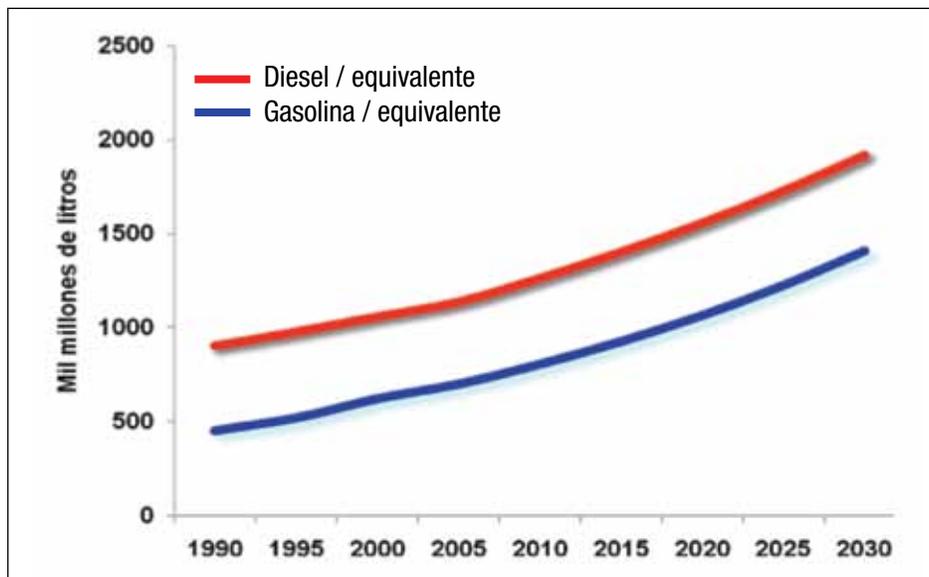
<sup>11</sup> En el caso específico de Brasil, se consideraron las estimaciones de sustitución de gasolina por etanol: 50% para el 2015, 90% para el 2020, 95% para el 2025 y 100% para el 2030. Se estimó que en el 2008 el etanol sustituiría el 45% de la demanda de gasolina en el país, según datos de la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP) de Brasil.

**Figura 35. Demanda de combustibles líquidos en América Latina.**



Fuente: Estimaciones realizadas por el autor según UN Database 2005 (<http://data.un.org>).

**Figura 36. Demanda de combustibles líquidos en el mundo.**

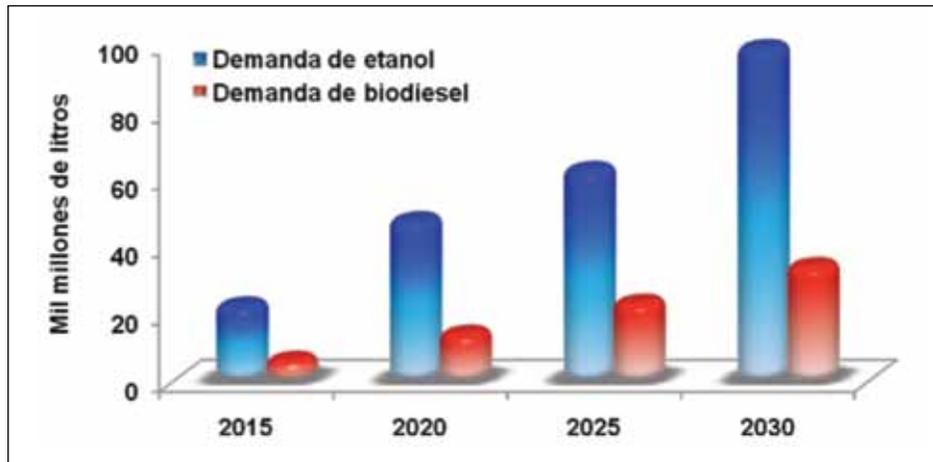


Fuente:

En la Figura 37 se visualiza la demanda de etanol y de biodiesel, necesaria para la mezcla o sustitución de gasolina y diesel, respectivamente. Se puede observar una mayor demanda de etanol que de biodiesel debido a dos aspectos: a) el diferencial de poder calorífico inferior

(PCI) de los dos combustibles, lo cual genera una relación aproximada de 1,6:1 (es decir, el contenido energético de 1,6 litro de etanol equivale al contenido energético de un litro de diesel; y b) el elevado consumo de etanol en el mercado brasileño.

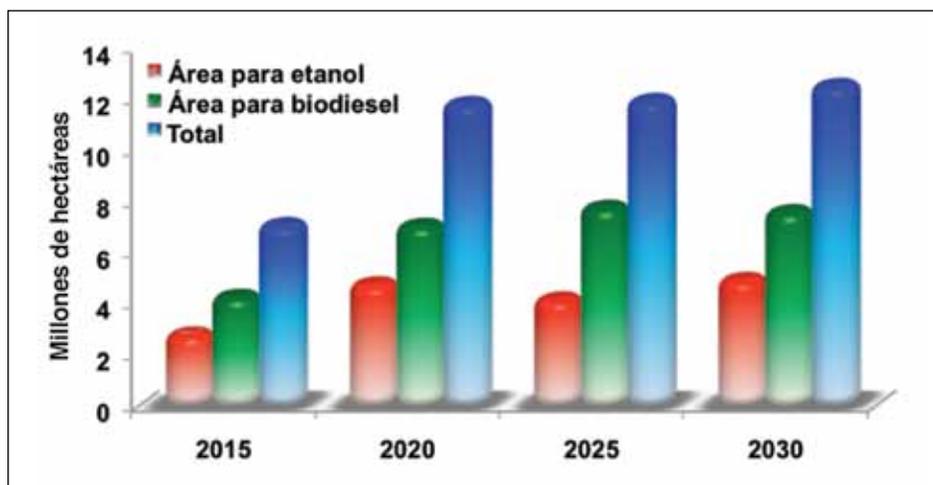
**Figura 37. Demanda de biocombustibles.**



Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 38 se presentan los datos referentes a la demanda de área agrícola para la producción de etanol y de biodiesel.

**Figura 38. Demanda de área agrícola para cultivos energéticos destinados a la producción de biocombustibles.**



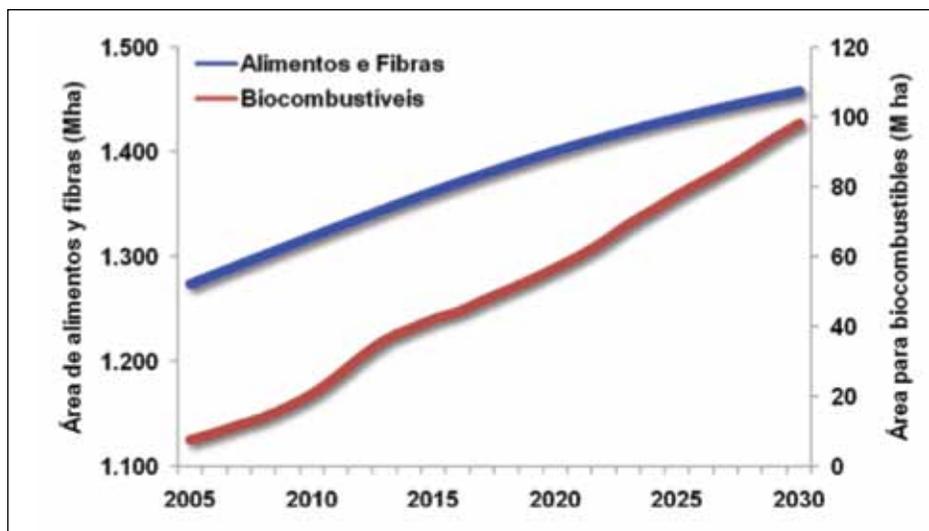
Fuente: Elaboración del autor.

El referente para producción de etanol fue la caña de azúcar, la cual se puede producir en casi todos los países de ALC. Para el biodiesel, se consideró una canasta de oleaginosas anuales o perennes. En total, para el 2030 serían necesarios 12,5 millones de hectáreas para la producción de biocombustibles, lo cual

permitiría atender la política pública antes mencionada.

Los datos presentados para ALC guardan estrecha coherencia con el estudio similar preparado por el autor para el *International Council for Science* (datos no publicados) (Figura 39).

**Figura 39. Demanda de área global para la producción de alimentos, fibra y biocombustibles.**



Fuente: Elaboración del autor.

El escenario utilizado puede ser considerado “radical”, en el sentido de que sería el límite de factibilidad de la implementación de programas de producción y uso en larga escala, en todos o la mayoría de los países del ALC. Además, no se tomaron en cuenta otros aspectos que reducirían la presión de demanda del área como:

- a. La utilización de residuos orgánicos (residuos de la agricultura, de la explotación forestal, de la agroindustria, de los desechos municipales) como materia prima para la producción de biocombustibles.
- b. La sustitución de diesel por etanol en el mediano plazo, lo que representa una demanda más baja del área por el diferencial de densidad energética entre la caña de azúcar (u otras plantas productoras de sacáridos) y las oleíferas (Cuadro 15).

- c. El desarrollo de nuevas tecnologías de transformación de biomasa en biocombustibles, como la clasificación y la transformación genética de microorganismos para producción de sustancias de PCI más elevado, como butanol, farneseno o similares.

Si se consideran las tecnologías mencionadas, se podría reducir la demanda de área para producción de biocombustibles en valores aproximados entre 10% y 30%. Por el contrario, en caso de que no se consideren estas tecnologías, una vez que se ha demostrado la viabilidad de la producción de biocombustibles en el “*worst case*”, el escenario que más presiona la demanda por área agrícola, se generarían problemas con la oferta de otros productos de la agricultura, incluso en otros escenarios con un potencial conflictivo menor.

**Cuadro 15. Densidad energética actual y estimada para diferentes biomásas cultivadas.**

Fuente de biomassa	Densidad (Gcal/ha/año)	
	Actual	Potencial
Caña de azúcar	135	598
Remolacha	119	240
Sorgo sacarino	102	255
Eucalipto	78	120
Pinus	65	100
Switch grass	60	180
Palma aceitera	48	120
Maíz	45	100
Macaúba	45	100
Trigo	32	115
Canola	20	50
Girasol	17	38
Jathropha	15	45
Soya	6	30
Mamona	3	25

Fuente: Gazzoni, DL, revista FGV.

En el Cuadro 16 se presenta un resumen de la demanda prospectiva del área agrícola en ALC para la producción de alimentos, fibras, productos forestales y biocombustibles, en el período comprendido entre el 2010 y el 2030, conjuntamente con el área aún disponible para expansión, según lo presentado en el Cuadro 9.

Se determina una demanda positiva de área para biocombustibles, cultivos anuales y perennes y florestas de 143,1 millones de hectáreas.

No obstante, como se señaló anteriormente, el área de pasturas deberá disminuir 65 millones

de hectáreas, lo que implica contar solo con 78,1 millones de hectáreas de las reservas de área de expansión agrícola. Por el modelo utilizado, el incremento en el área para producción de combustible corresponde al 12% del incremento neto de área cultivada o 6,6% del incremento total entre el 2005 y el 2030. En términos per cápita significa que, en el 2010, se tendrían 0,325 ha/per cápita en el 2010 y 0,4 ha/per cápita en el 2030. Por la conjunción entre el incremento estimado de la productividad 2010/2030 (34%) y de área per cápita (23%), la producción de alimentos per cápita se incrementaría en el 65%, en el período.

**Cuadro 16. Demanda de área agrícola.**

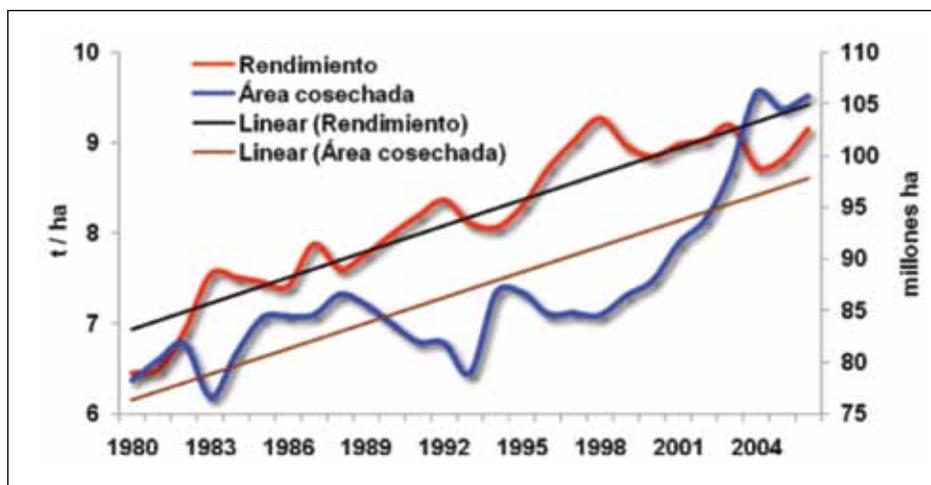
Año	Biocombustibles	Cultivos anuales	Cultivos perenes	Pasturas	Florestas	Total	Área de expansión
2005		144	19,8	550	12,0	728,8	599,9
2010	5,0	175	20,0	557	13,3	770,3	558,4
2015	7,0	197	22,0	553	14,7	793,7	535,0
2020	11,8	215	24,4	539	16,2	806,4	522,3
2025	12,0	234	26,9	516	17,9	806,8	521,9
2030	12,5	260	29,7	485	19,7	806,9	521,8
Incremento	9,5	116	9,9	-65	7,7	78,1	-

Fuente: Estimaciones realizadas por el autor según la línea base del 2005 de la FAO.

Aunque no sea el objetivo de este estudio, para los períodos subsecuentes al 2030, en especial en la segunda mitad del siglo XXI, las proyecciones de la FAO señalan que la población mundial se estabilizará en el 2050 y disminuirá lentamente a partir de la fecha. Igualmente, según la Figura 13, con respecto a la reducción de la demanda de combustibles líquidos por el uso masivo de la electricidad para transporte, el máximo de demanda de área para

biocombustibles se situará entre el 2030 y el 2050 y se estabilizará o reducirá después de esa fecha. Así, el área de expansión aún disponible en ALC en el 2030 (521 millones de ha) será suficiente para la producción de alimentos y el consumo doméstico, así como para atender la demanda creciente del mercado internacional. Además del área de expansión, hay que considerar el incremento de la productividad en ALC (Figura 40).

**Figura 40. Rendimiento promedio y área total de los principales cultivos anuales en ALC.**



Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

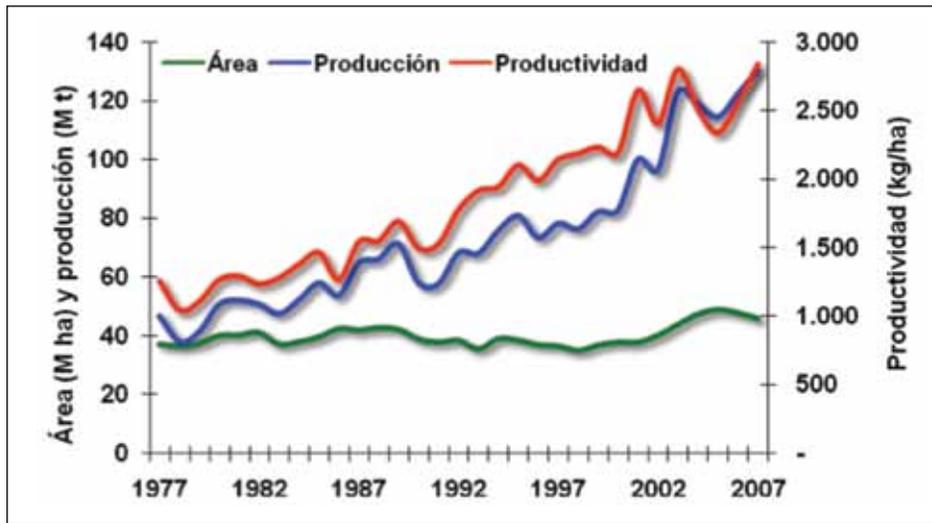
Los datos de la FAO (FAOSTAT) utilizados para elaborar la Figura 39 indican que entre 1980 y el 2006 la productividad agrícola creció 41,7%, según los datos consolidados de todos los países de América del Sur, América Central y el Caribe.

Sin embargo, en algunos países como Brasil, Argentina, Chile y Colombia, los valores son más elevados por un uso más intensivo de la tecnología agronómica. En el caso del Brasil, entre 1977 y el 2007, se verificó un incremento de 125% en la productividad agrícola, lo que ha generado un crecimiento muy discreto del área ocupada por cultivos anuales durante los últimos 30 años (Figura 41). Esto significa que existe disponibilidad de tecnología agrícola para

incrementar la productividad en otros países del continente, una vez que se promueva nuevamente la investigación agrícola adaptativa y transferencia de tecnología, para lo cual se puede contar con la decisiva contribución del IICA.

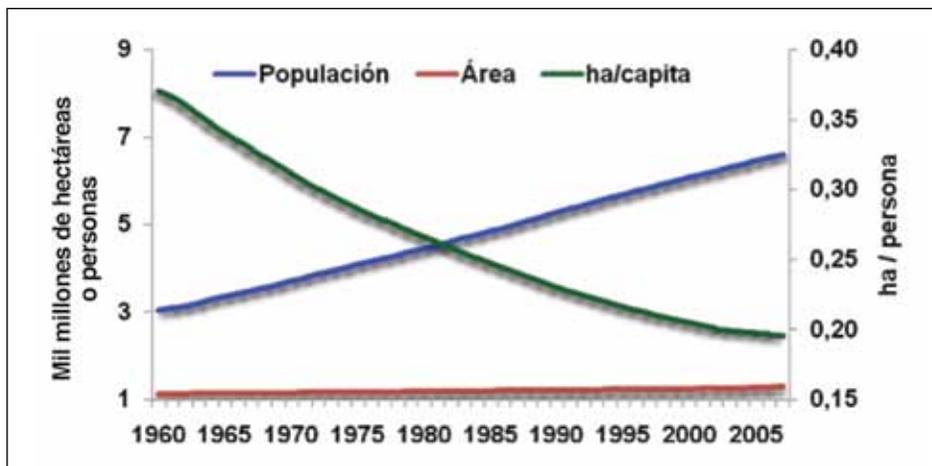
Igualmente, los datos antes mencionados son consistentes con los valores obtenidos a escala global. De acuerdo con la FAO, hubo una reducción de 98% en el número de ha necesarias para alimentar una persona entre 1960 y el 2007, de 1,48 a 0,74 hectáreas (Figura 42). La disminución en el número de hectáreas cultivadas per cápita es la expresión principal de los avances de la productividad agrícola. Entre los años 1980-2006, la productividad global creció 46,1%, muy similar a lo verificado en ALC (41,7%).

**Figura 41. Parámetros de la agricultura brasileña.**



Fuente: CONAB.

**Figura 42. Parámetros de la agricultura global.**



Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

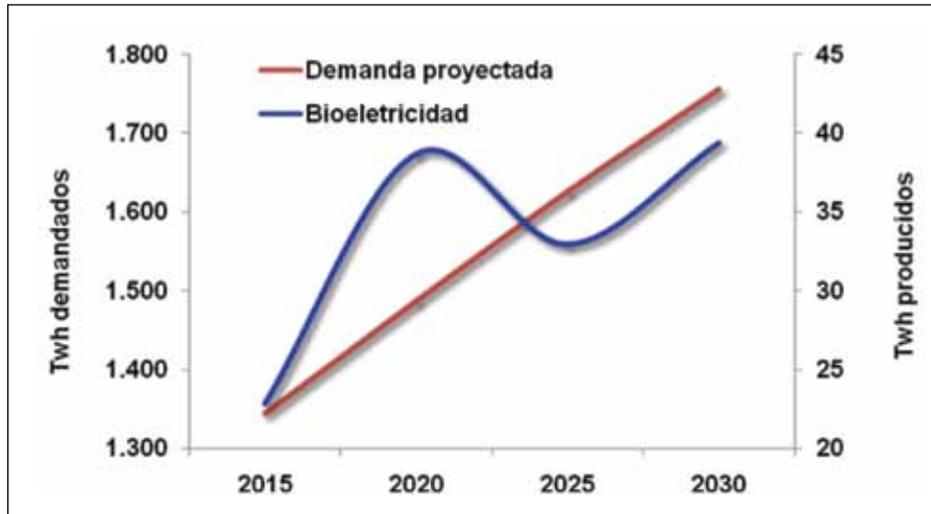
Por otra parte, se debe considerar el bono energético representado por la electricidad de biomasa, obtenida por co-generación con la producción de etanol de caña. En la Figura 43 se presenta la demanda estimada de energía eléctrica en ALC, acorde con los parámetros de población, esperanza de vida, PIB y renta per cápita. El crecimiento de la demanda fue estimado en 31% para el período del estudio. La participación

de la bioelectricidad representa un porcentaje pequeño de la demanda proyectada en el 2030. La fluctuación observada en la generación de bio-electricidad entre el 2020 y el 2025 se puede atribuir al cambio del promedio de productividad de la caña, el incremento en el rendimiento industrial de etanol y la utilización parcial del bagazo y de la paja de caña para producción de etanol, a través de la hidrólisis enzimática.

Se debe prever el agotamiento del potencial de grandes hidroeléctricas en la región, así como el cuestionamiento social de los impactos ambientales de estas usinas. Como tal, para

atender la necesidad de expansión de la oferta de electricidad, otras alternativas tendrán que ser examinadas.

**Figura 43. Proyección de demanda de electricidad en ALC y de oferta de bioelectricidad por co-generación en la producción de etanol.**



Fuente: Elaboración del autor.

Una de las posibilidades más interesantes es el uso de plantas termoeléctricas de biomasa y, en especial, la co-generación en la producción de etanol de caña de azúcar. En Brasil existe suficiente tecnología agronómica disponible para producir la biomasa necesaria (bagazo y paja de caña) así como turbinas de alta presión de vapor (tecnología industrial). Además, se anticipa un fuerte impulso para la expansión de la generación de bioelectricidad en el mediano plazo y se estima que vendría a ser el principal producto derivado de la caña, en términos de valor monetario, superior al etanol y a la azúcar.

En este escenario, la producción de biocombustibles (etanol o otros biocombustibles derivados de la caña, como butanol o diesel vegetal) pasarían a la condición de sub-productos, una vez que el objetivo principal sería la generación de bio-electricidad.

Con base en los datos anteriormente expuestos, no se verifican conflictos entre la producción de biocombustibles y la de otros productos agrícolas, si se toma como parámetro la demanda de área agrícola. Entre el 2005 y el 2030, se estima un incremento del área agrícola de 143 millones de hectáreas (78 millones de hectáreas netos, provenientes del área potencial), de los cuales 5,4% se dedican a florestas cultivadas, 6,6% a biocombustibles, 6,9% a cultivos permanentes y 81% a cultivos anuales. Mientras, el área de pasturas se reduciría un 13%.

Se considera, por hipótesis, que el área para biocombustibles crecería el doble de lo previsto por el modelo matemático utilizado. Aún así el impacto sería reducir la disponibilidad del área potencial de 521,8 a 509,3 millones de hectáreas, lo que sería absolutamente marginal en términos generales. Además de los biocombustibles,

habrá producción de bio-electricidad a través de la co-generación y el aprovechamiento de la biomasa residual (ligno-celulósica) de la materia prima utilizada para producción de biocombustibles.

#### 4.2 Modificaciones de los patrones de producción

Los cambios tecnológicos han sido una constante en la segunda mitad del siglo XX y seguramente seguirán avanzando con la misma velocidad durante el siglo XXI. En particular, los cambios apuntan hacia a un incremento en la utilización de herramientas en la frontera de la ciencia como biotecnología y nano-tecnología y en el avance de la mecanización y automatización, paradigmas de la agricultura de precisión, aún embrionaria en la actualidad.

En el caso de nuevas variedades modificadas genéticamente, para el futuro se prevén nuevas características como tolerancia a la sequía y a rangos más amplios de temperaturas, mayor capacidad de extracción de nutrientes del suelo, concentración más alta de fibras (celulosa y hemi-celulosa) u otras sustancias de alto valor energético, entre otros cambios.

Mientras tanto, no se puede atribuir directamente a la producción de materias primas para biocombustibles la condición de variable directriz o portadora de cambios tecnológicos profundos, que impliquen modificaciones de los patrones de producción agrícola. Los cambios están asociados a las necesidades generales de los productores y campesinos, de las regiones rurales y, en buena medida, por las determinaciones del mercado (precio más bajo, calidad

más alta, certificación, rastreabilidad) o por la ciudadanía (reducción del impacto ambiental, mejores condiciones sociales en el entorno productivo).

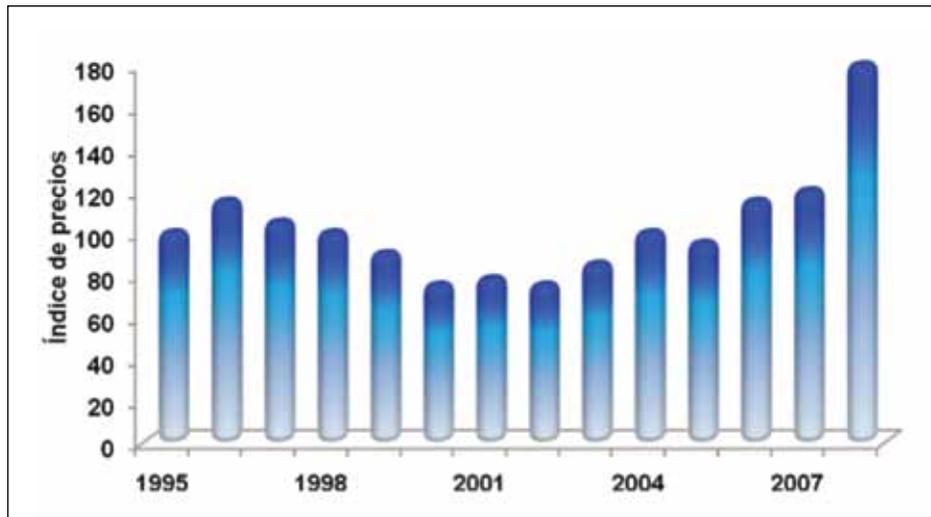
En conclusión, las modificaciones de los patrones de producción se implementarían en ALC o en otras regiones del planeta con o sin el avance de la agricultura de energía. Como regla general, los patrones tecnológicos de producción de la agricultura de energía serán importados de la producción de alimentos y fibras, con la doble vocación de alimentos o fibras y energía.

#### 4.3 Cambios en los precios de alimentos

Desde finales del 2006 y hasta julio del 2008, hubo un acentuado crecimiento de los precios de productos agrícolas en el mercado internacional, con reflejos en el mercado doméstico de diversos países. En especial se involucraron cereales como arroz, maíz y trigo, aunque los precios de los aceites vegetales y tortas proteicas también sufrieron grandes incrementos, como se presenta en las figuras 44, 45 y 46.

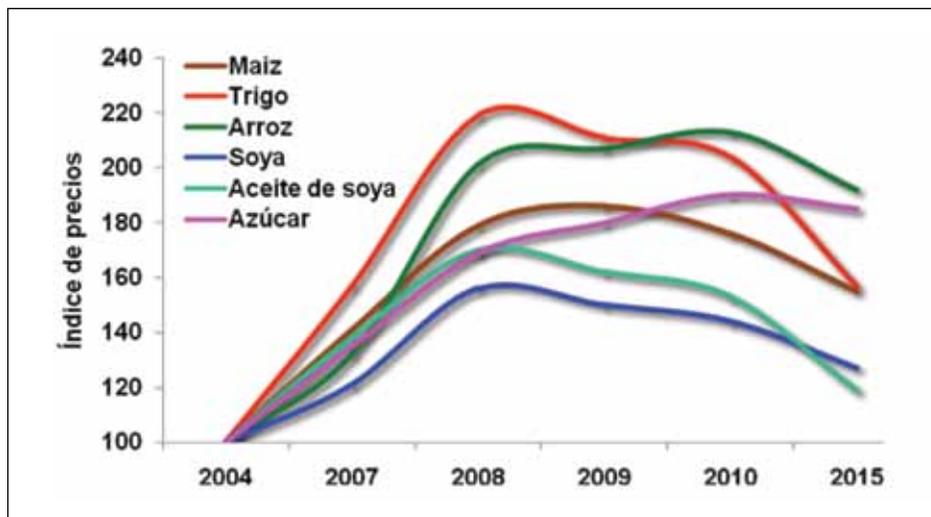
En el informe producido en el 2007, el Banco Mundial estimaba una reducción de los precios de los alimentos a partir del 2008 que se acentuaría después del 2010 (Figura 44). En la práctica, la crisis financiera acentuó la reducción coyuntural de precios, por el final de la burbuja especulativa y la reducción de la liquidez financiera global. Actualmente los precios agrícolas están buscando su nuevo nivel de equilibrio, lo que puede significar en el corto plazo una intensa volatilidad e intensificación de otros impactos sobre los precios.

**Figura 44. Índice general de precios de alimentos (2004=100).**



Fuente: Banco Mundial (DECPG 2007).

**Figura 45. Índice segregado de precios de alimentos, estimados al 2015.**

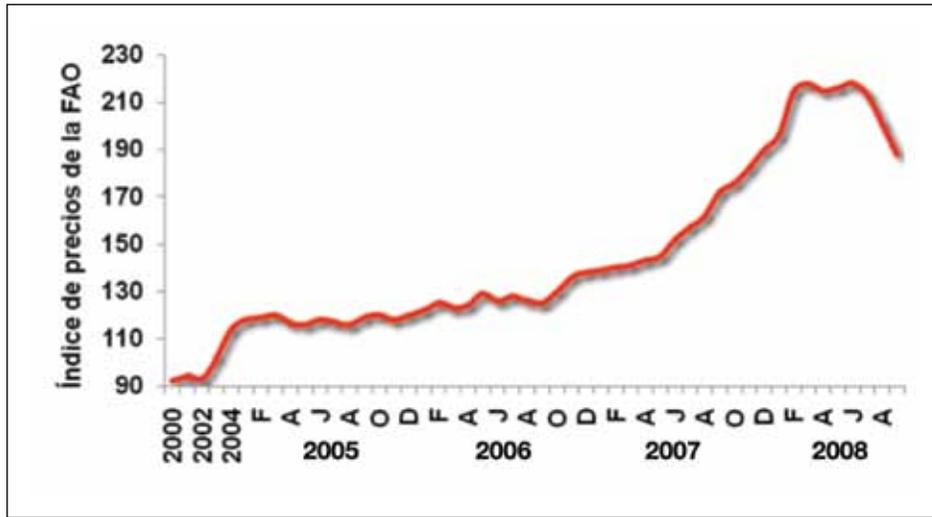


Fuente: Banco Mundial (DECPG 2007).

El índice de precios de la FAO, presentado en la Figura 46, muestra el mismo fenómeno señalado por el Banco Mundial con respecto a los precios agrícolas, los cuales se incrementaron rápidamente a finales del 2006 y llegaron a su ápice en junio del 2008. Con la crisis financiera mundial, uno de los principales componentes

del aumento de los precios –la especulación financiera– desaparece y empieza un rápido descenso en los precios, rumbo a una nueva realidad de mercado, capturado por el índice que se muestra a partir del inicio del segundo semestre del 2008.

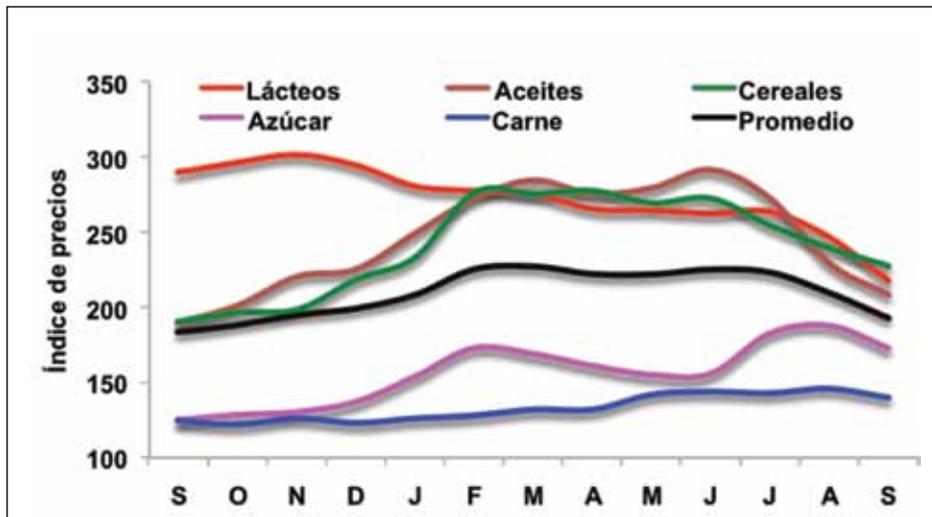
**Figura 46. Índice general de precios de alimentos de la FAO.**



Fuente: FAO Food Price Index.

En la Figura 47 se presentan los precios relativos de los productos agrícolas que componen el índice general de la FAO.

**Figura 47. Índice de precios de alimentos de la FAO, segregados por productos.**



Fuente: FAO Index Price.

Se ha verificado que los productos lácteos fueron los primeros responsables del aumento del índice. Sus precios se redujeron antes de los precios de los otros componentes importantes, como cereales y aceites. Entre los cereales,

la principal elevación fue del precio del arroz, seguido del trigo y del maíz (Cuadro 17). Los precios de la carne y del azúcar se sitúan por debajo del índice promedio de precios.

**Cuadro 17. Incremento de precios de cereales sobre el año precedente.**

Cereales	2004	2005	2006	2007	2008
Arroz	24,9	5,4	8,9	17,0	90,4
Trigo	-1,1	-1,0	5,2	25,4	90,0
Maíz	7,1	-15,2	6,4	44,6	34,6

Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

Se puede considerar la reciente escalada de precios agrícolas como una combinación de diferentes causas, según se presentan a continuación:

**a. Inclusión social**

De acuerdo con el Instituto de Recursos Mundiales, la población mundial se incrementó en 1,24% a.a. entre el 2000 y el 2005 y 1,17%

a.a. en los tres últimos años, lo que equivale a un incremento de 11,5% desde el inicio de la década. Durante este período, el incremento en la producción de cereales fue de 24,1% (Cuadro 18), lo cual representa un incremento de 12,6% sobre el crecimiento poblacional. Asimismo, los inventarios finales de cereales se redujeron en 4,5%. Esto equivale a un aumento en el consumo de aproximadamente 17,1% en los últimos ocho años.

**Cuadro 18. Incremento anual de la producción de cereales y relación entre utilización e inventarios finales.**

	2001-2004**	2004	2005	2006	2007	2008
Producción	1,2	9,3	-1,1	-2,0	5,4	4,9
Trigo	31,4	28,8	29,0	26,0	23,8	26,6
Forrajeros	18,2	19,1	18,2	15,1	15,1	13,9
Arroz	27,6	23,8	24,6	24,1	23,8	23,9
Cereales	24,2	23,0	22,8	20,1	19,4	19,7

\* Aumento de la producción sobre el año anterior.

\*\* Promedio del período.

Fuente: FAO 2008.

Las explicaciones más plausibles con respecto a este incremento de demanda son la inclusión social, o sea, un creciente número de personas que salen de la zona de hambre e ingresan al mercado, y un número razonable de personas que se encontraban en las clases sociales menos favorecidas, cuya ascensión social significó un cambio de hábito alimentario, en especial con el aumento de consumo de proteínas animales.

En general, para producir una tonelada de carne bovina, son necesarias siete toneladas de granos, lo que explicaría el desequilibrio entre

producción, consumo e inventarios finales. El incremento de la producción global de pollos y de cerdos, con alto consumo de cereales y fuentes proteicas, también permite explicar la reducción del inventario mundial de granos.

En el Cuadro 19 se presenta la serie histórica en porcentajes de personas que viven con menos de US\$1 y menos de US\$2 en las diferentes regiones del mundo, lo cual muestra con claridad la reducción de la pobreza en todas las regiones del mundo en la primera década del siglo XXI.

**Cuadro 19. Porcentaje de la población que vive con hasta US\$1 o US\$2 por día.**

Región	US\$ / día	1990	1995	2000	2005	2010*
África	1	44	45	44	41	40
	2	44	40	37	32	25
Este de Asia y Pacífico	1	30	15	14	9	6
	2	29	27	24	21	18
Sur de Asia	1	43	35	34	29	24
	2	42	36	32	28	25
Este de Europa y Asia Central	1	1	5	7	1	1
	2	4	18	20	11	5
ALC	1	10	10	10	9	8
	2	26	10	9	8	7
Cercano Oriente y Norte de África	1	2	2	2	1	1
	2	22	21	20	20	11

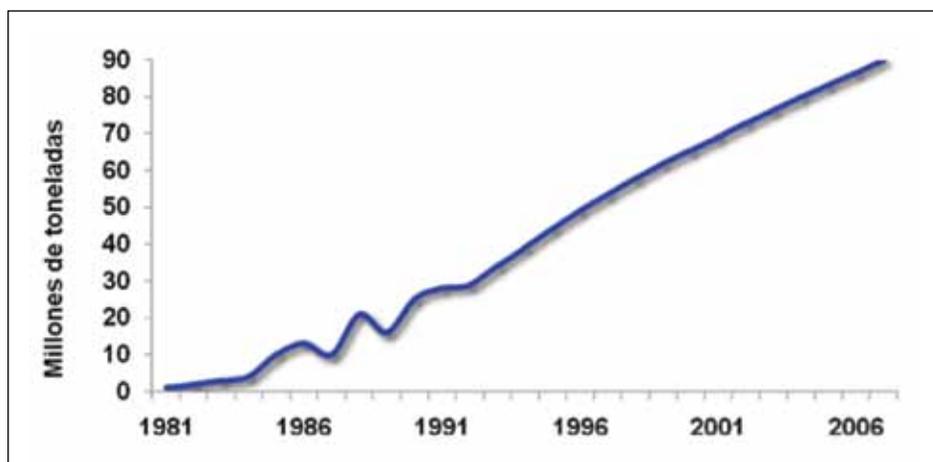
\* Estimado

Fuente: Banco Mundial 2008.

Como ejemplo de la consecuencia de la disminución de la pobreza sobre la demanda de alimentos, se puede verificar en las figuras 48 y 49

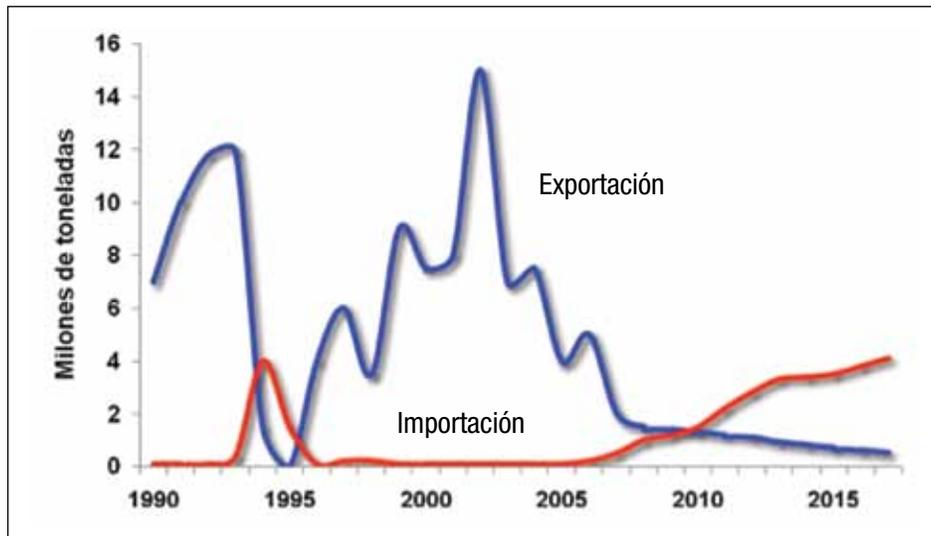
el dramático incremento en las importaciones de soya en China, así como el cambio entre su condición de exportador a importador de maíz.

**Figura 48. Importaciones de soya en China.**



Fuente: USDA/Soybean backgrounder.

**Figura 49. Comercio internacional de maíz en China.**

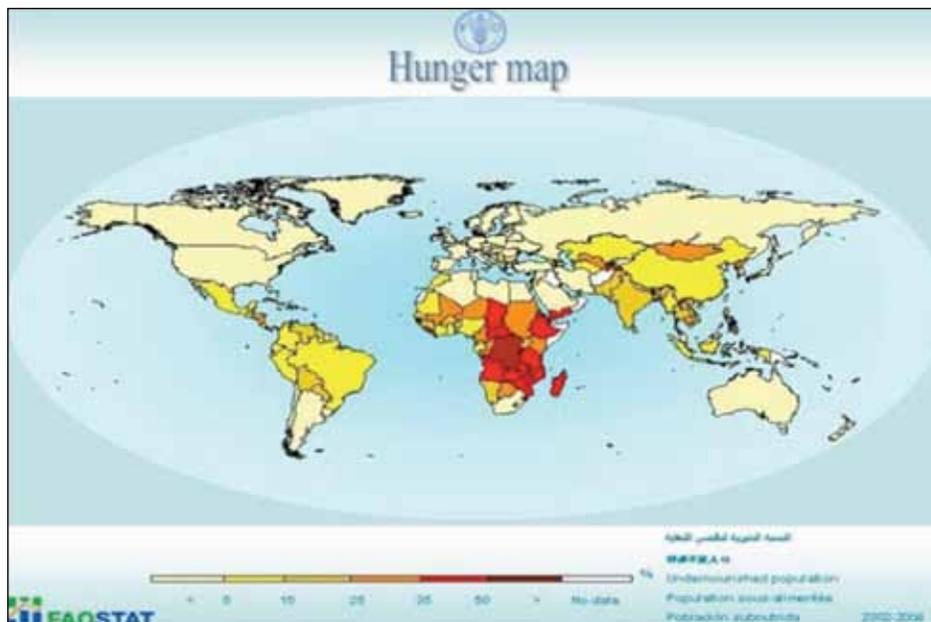


Fuente: USDA.

En el sitio *web* de la FAO se puede examinar un mapa interactivo (disponible en <http://www.fao.org/es/ess/faostat/foodsecurity/FSMap/map14.htm>) que muestra la disminución de la severidad del hambre en el mundo

entre 1970 y el 2003 (Figura 50). Sin embargo, aún no están disponibles los datos más recientes que podrían constituir otra fuente de datos para fundamentar la hipótesis de la inclusión social.

**Figura 50. Mapa del hambre en el mundo según la FAO.**



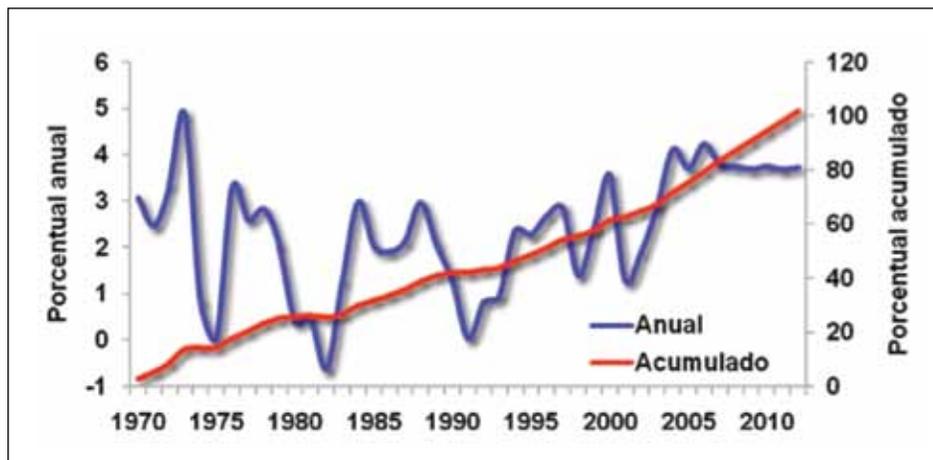
Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).

En diversos países emergentes, especialmente en los continentes asiático y africano, este hecho aún persiste como consecuencia de la elevación de la renta per cápita de países en desarrollo y el aumento de la adquisición de alimentos.

En la Figura 51 se presenta la evolución del PIB per cápita, en términos globales, lo que

demuestra su consistente incremento en los últimos 40 años. Sin embargo especialmente desde el 2003, cuando el crecimiento se estabilizó en el nivel de 4% a. a. combinado con los bajos índices inflacionarios (Figura 20), se presentó un avance en términos de distribución y mayor disponibilidad de renta de las familias para adquisición de alimentos.

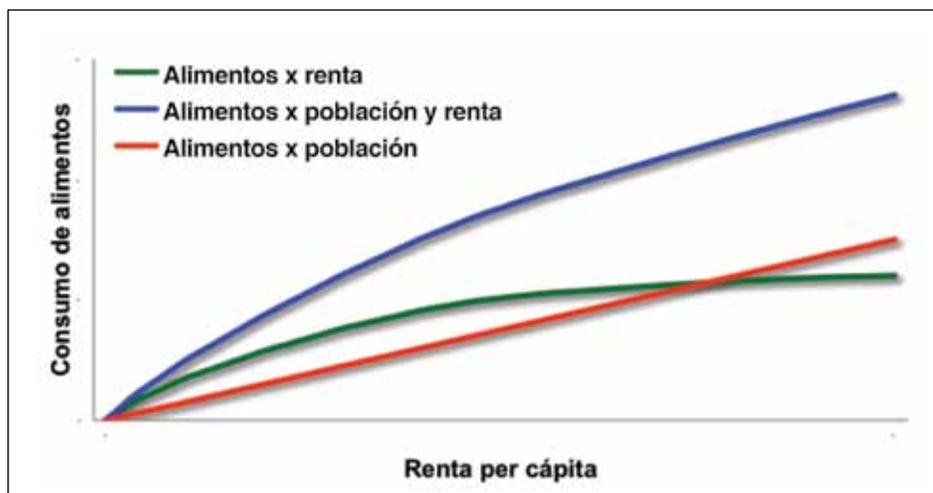
**Figura 51. PIB per cápita mundial.**



Fuente: Banco Mundial 2008.

En la Figura 52 se presenta la relación entre el consumo de alimentos, el incremento poblacional y la renta per cápita.

**Figura 52. Relación entre el consumo de alimentos, población y renta per cápita.**



Fuente: Elaboración del autor.

Se verifica que la relación entre población y demanda de alimentos es lineal, mientras que la relación con la renta es curvilínea. Sin embargo, el aspecto más importante es que, para las familias de baja renta (la mayoría en términos mundiales), los primeros incrementos de renta se destinan prioritariamente a mejorar su condición nutricional, lo que reduce el incremento de la renta. En este punto se fundamenta la explosión de consumo de alimentos que se verificó, en términos globales, en el inicio del siglo XXI.

### b. Subsidios agrícolas

Con el objetivo de garantizar la renta de los productores, evitar su desplazamiento para las metrópolis urbanas y asegurar el abastecimiento alimentario sin dependencia externa, los países ricos han subsidiado su producción agrícola en valores elevados, lo que distorsiona las relaciones comerciales entre los países, contrariamente a lo que disponen los acuerdos internacionales de libre comercio, en el marco de la creación de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

El tema es muy complejo y los países desarrollados y en desarrollo no han llegado a un acuerdo sobre la eliminación de los subsidios agrícolas. Estos subsidios potencializan su efecto negativo sobre la producción agrícola mundial por la asociación con otras políticas de restricción a la importación de productos agrícolas en los países ricos (cuotas, impuestos de importación, sobretasas, barreras técnicas, entre otros).

Por otra parte, el monto de los subsidios es muy difícil de calcular cuando se presentan con base en diversas fórmulas y políticas públicas, como en el caso de los subsidios a la producción, el consumo, la comercialización, la formación de inventarios, la exportación, entre otros. No obstante, el efecto no es difícil de evaluar cualitativamente cuando corresponde a una transferencia de renta de la sociedad a los sistemas agrícolas, los cuales reducen su dependencia de la maximización de la eficiencia técnica y económica.

Esto genera que los países ricos produzcan algunos productos agrícolas por encima de sus necesidades, los cuales son exportados a otros países. En consecuencia, los precios de los productos agrícolas se mantienen artificialmente bajos, lo que desestimula a los productores de países en desarrollo a aumentar su participación en el mercado. Esto se agrava con las dificultades para que su agricultura sea subsidiada.

Con base en el estudio de la Action Aid (Dantas 2001), al principio del siglo XXI, el 40% de la renta agrícola de los productores norteamericanos de alguna manera fueron soportados por subsidios agrícolas. Se estima que porcentajes similares pueden encontrarse en otros países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El gobierno de EE.UU. subvenciona en gran medida la producción y comercialización de granos, semillas oleaginosas, algodón, azúcar y productos lácteos. La mayoría de los demás productos de la agricultura –incluida la carne vacuna, cerdo, pollos, heno, frutas, frutos secos, y hortalizas (que representan alrededor de la mitad del valor total de producción)– reciben un apoyo menor, alrededor de US\$20 mil millones anuales en los últimos años.

Sin embargo, los gastos presupuestarios no son una medida útil del grado de apoyo o subvención. Algunos programas de subsidios, como los aranceles de importación, en realidad generan ingresos fiscales para el gobierno e imponen costos a los consumidores que excedan los ingresos del gobierno de ganancia. Según las cifras de la OCDE, la tasa media de apoyo (subsidios) para los principales *commodities* varía de 55% para el azúcar a 22% para las oleaginosas.

Entre los miembros de la OCDE, el apoyo a los productores se sitúa alrededor del 31% del total de ingresos para los principales cereales, oleaginosas, azúcar y productos pecuarios (Sumner 2008), mientras que los datos presentados en la OCDE (disponible en [www.ocde.org](http://www.ocde.org)) y sintetizados en la Figura 53 apuntan a valores más bajos en los últimos años, como promedio de todos los asociados de la OCDE.

**Figura 53. Valor monetario y porcentual sobre la producción agrícola de los subsidios agrícolas de los países de la OCDE.**



Fuente: OCDE (*Statistics Portal* 2008).

El índice descrito por Sumner (2008) estima el tamaño de la transferencia en términos de dinero, pero no se evalúan los efectos sobre la producción o los ingresos netos. El mayor promedio de tipos de apoyo se dirigen a la producción de arroz (alrededor del 80%), donde la mayor parte deriva de las barreras al comercio y los pagos directos. El apoyo a los agricultores por parte de Japón y Corea constituye una gran parte de la subvención total mundial de arroz.

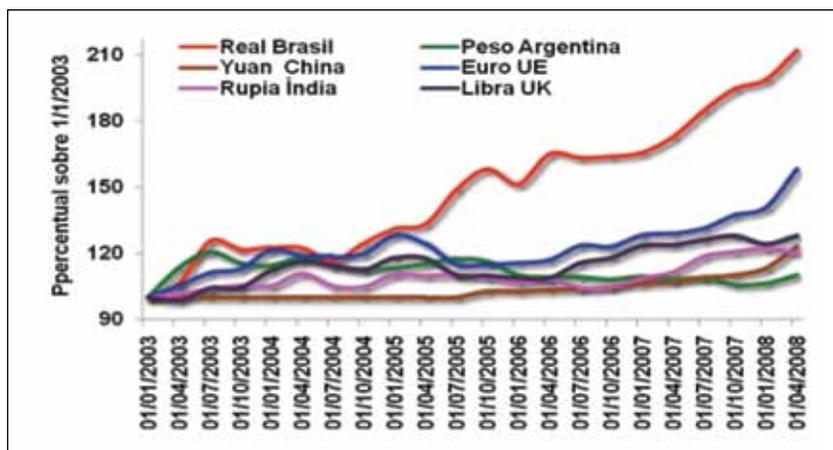
El promedio nacional más alto de subsidio, por el concepto de tasas equivalentes, en todos los principales productos básicos, se ofrecen en Noruega, Suiza e Islandia, con un promedio de los subsidios de aproximadamente 65%-75% del valor de la producción, y en Japón y Corea, con tasas de 60%-65%. La subvención de las tasas más bajas (menos del 4%) corresponde a Australia y Nueva Zelanda. El promedio de la tasa de apoyo en la Unión Europea es del 35% del valor de la producción (Sumner 2008).

### c. Devaluación del dólar norteamericano

Durante los últimos cinco años, el dólar norteamericano se devaluó fuertemente en relación con las principales monedas de otros países. Los datos presentados en la Figura 54, compilados a partir de la base de datos del Banco de Canadá, muestran las tasas de cambio del dólar frente al real (Brasil), peso (Argentina), yuan (China), euro (Unión Europea), rupia (India) y libra (Reino Unido). Estos son los países o bloques más importantes en el mercado internacional de productos agrícolas.

Con excepción del yuan (fuertemente controlado por la política monetaria de China), hubo una primera devaluación del dólar en el 2003, seguido de un período de estabilización en el nuevo nivel (2004) y fluctuaciones variables para cada moneda a partir del 2005, incluso con evaluación del yuan. Entre el 2003 y el 2008, las principales evaluaciones se verificaron con respecto al real (112%), seguido por el euro (58%).

**Figura 54. Tasa de cambio de diferentes monedas en relación con el dólar norteamericano.**



Fuente: Banco de Canadá.

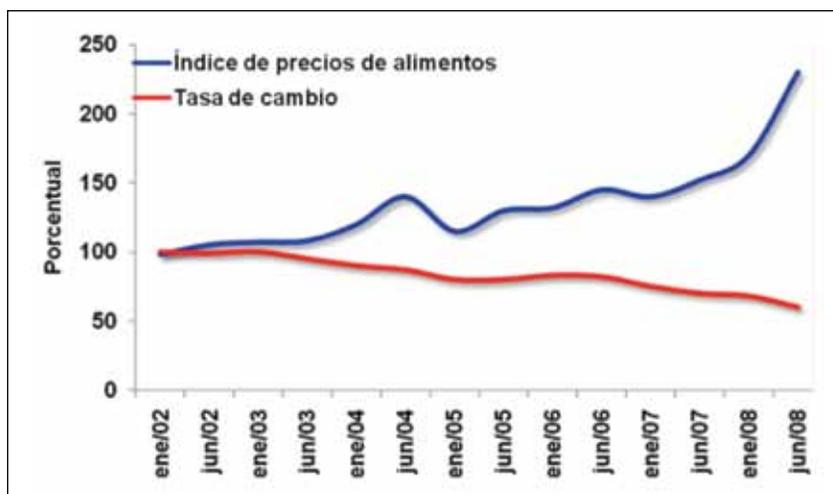
La depreciación del dólar con respecto a otras monedas cambiará los precios relativos de los *commodities* agrícolas en los mercados internacionales, especialmente aquellos con mayor elasticidad en el precio de la demanda.

El fenómeno asociado con la devaluación del dólar es que, en condiciones *ceteris paribus* de cada punto porcentual de devaluación, el mercado de *commodities* buscaba una compensación aproximada de un punto porcentual en la cotización individual, como compensación por

la pérdida cambiaria en el momento de convertir los dólares en monedas de los países afectados, independientemente de otras presiones alcistas o bajistas del mercado.

Con base en la Figura 55, se puede verificar que, entre enero del 2002 y junio del 2008, la devaluación del dólar frente a las monedas de los principales socios comerciales de los EE.UU. (0,75) representó cerca de un 26% en el alza del índice de precios de los alimentos.

**Figura 55. Relación entre el índice de precios de alimentos y la tasa cambiaria del dólar norteamericano.**

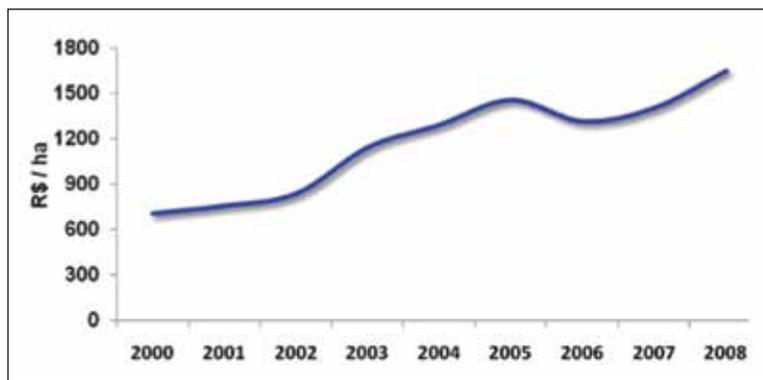


Fuente: Banco Mundial 2008.

#### d. Costo de producción

En Brasil, el costo de producción de soya aumentó un 133% entre el 2000 y el 2008, según datos de la Compañía Nacional de Abastecimiento (CONAB) del MAPA (Figura 56).

**Figura 56. Evolución del costo de producción de soya.**



Sin embargo, el caso del cultivo de la soya no es aislado, pues durante el mismo período también se incrementaron los costos de producción de algodón (168%), arroz (115%), frijol (232%), casava (186%), maíz (123%) y del trigo (149%). Los aumentos de los costos se debieron a fertilizantes, energía y plaguicidas. El aumento de los costos de producción tendrá un efecto inercial en el corto plazo e impedirá que los precios agrícolas vuelvan a niveles anteriores.

Los precios de los fertilizantes han crecido dramáticamente en los últimos tres años, hasta

casi un 300%, muy por encima de los precios agrícolas que, según el índice de precios de alimentos de la FAO, variaron de 120% a 230% en el mismo período (Figura 45).

En el Cuadro 20 se presentan los datos generados a partir de un estudio del impacto de los precios de los fertilizantes en relación con el cambio de los productores. A pesar del aumento en los precios de los productos agrícolas, la cantidad de un determinado producto agrícola para adquirir una tonelada de fertilizantes se incrementó durante la década entre un mínimo de 15% a un máximo de 104%.

**Cuadro 20. Cantidad de producto agrícola necesaria para adquirir una tonelada de fertilizante.**

Año	Algodón (bolsa de 15 kg)	Arroz en sequía (bolsa de 60 kg)	Arroz irrigado (bolsa de 50 kg)	Maíz (bolsa de 60 kg)	Soya (bolsa de 60 kg)	Trigo (bolsa de 60 kg)
2000	42,3	35,8	30,6	40,2	25,4	33,0
2001	52,9	33,4	30,0	57,8	23,4	31,7
2002	43,6	29,0	26,5	38,1	17,6	23,6
2003	39,2	23,2	21,9	50,3	19,8	28,6
2004	48,3	23,8	27,0	57,1	22,7	35,8
2005	55,4	33,4	38,5	57,3	27,7	41,5
2006	48,4	31,5	28,1	59,8	26,7	34,0
2007	52,5	33,3	30,7	50,7	25,6	31,2
2008	82,5	41,3	37,7	70,5	34,0	38,7
% 2000/08	104,7	15,4	23,2	75,4	33,9	17,3

Fuente: CONAB.

La situación verificada en Brasil no es muy diferente a lo planteado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en cuanto al maíz, soya y trigo entre el 2002 y el 2007. Los valores calculados para el costo de producción de estos cultivos indican que, en el período considerado, el costo de producción de maíz, soya y trigo se incrementó 32%, 25% y 31%, respectivamente, y el costo de los fertilizantes mostró incrementos de 123%, 105% y 95%, respectivamente (Mittal 2008 ).

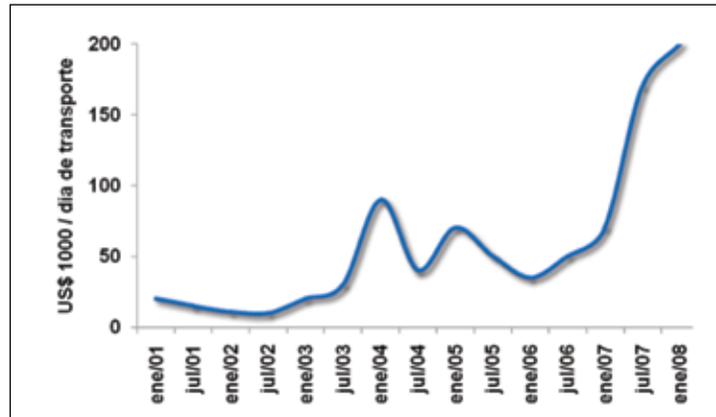
**e. Costo de los fletes**

De acuerdo con los datos del USDA, el costo promedio del día de transporte de grandes graneleros, en la ruta EE.UU. - Japón, cotizados a US\$20

en enero del 2001, subió a US\$50 entre el 2004 y el 2005 y saltó de US\$100 en el 2007 a US\$200 en el 2008 (Figura 57). En el análisis de la evolución de los costos por tonelada transportada, la situación no es muy diferente (Figura 58).

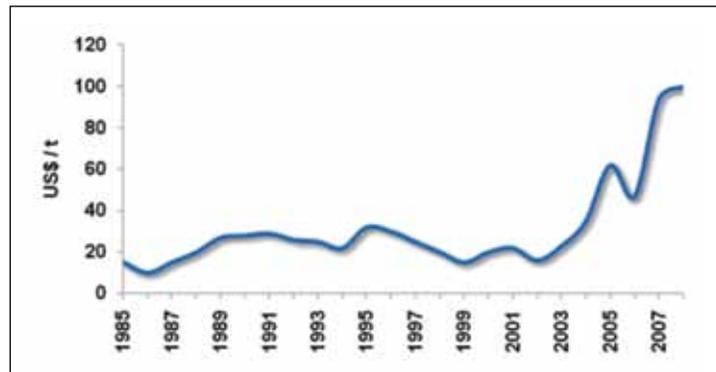
Entre el 2000 y el 2003, el costo promedio se situó cerca de US\$20 y se incrementó a US\$35 en el 2004, US\$62 en el 2005, US\$94 en el 2007 y US\$100 en el 2008. Con base en este último valor y en la cotización máxima de la soya en el 2008 (mayo, US\$450/t), se concluye que el flete de exportación EE.UU. - Japón representó 22% del precio de la tonelada de soya. Comparativamente, en el 2002, el flete representaba 13% del valor de la tonelada de soya, lo que representa un costo adicional de 69%.

**Figura 57. Costo diario promedio de fletes de grandes graneleros.**



Fuente: USDA / AMS 2008.

**Figura 58. Costo de fletes marítimos US/JP.**



Fuente: USDA / AMS 2008.

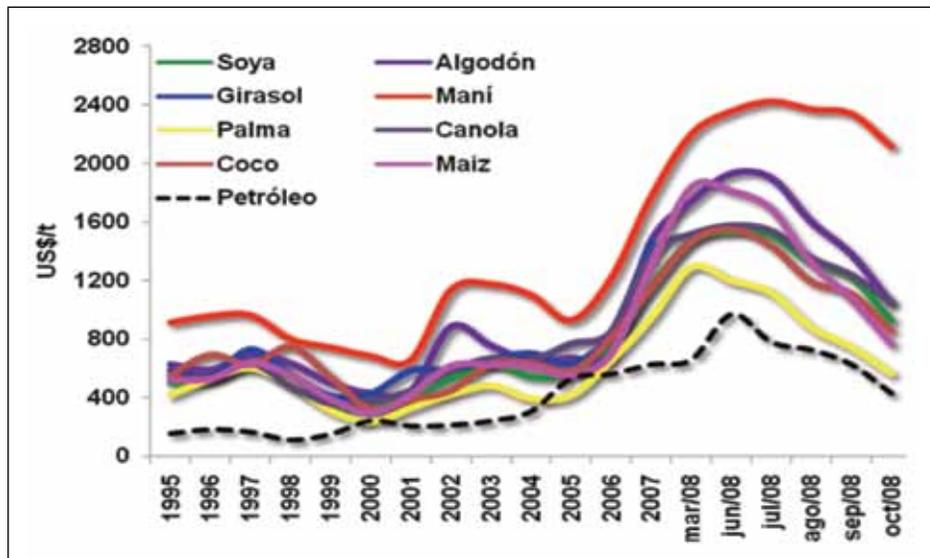
## f. Especulación financiera

Aunque sea muy difícil demostrar el efecto de la especulación financiera sobre la cotización de mercado de los *commodities* agrícolas, en el momento en que el mundo vive una gran crisis financiera y se cierra un ciclo de elevada liquidez, es posible verificar cómo esta liquidez del mercado internacional cambió de los activos inmobiliarios a los *commodities* (agrícolas, minerías, energéticas), y ha impulsado fuertes alzas de precios.

Las elevadas cotizaciones de los *commodities*, verificados durante el 2007 y especialmente en

el primer semestre del 2008, no tenían conexiones estrechas con la economía real (eventuales desequilibrios de oferta y demanda). Una vez que se deflagró la crisis financiera mundial, los precios de los *commodities* disminuyeron. El petróleo, cotizado anteriormente hasta US\$147/ barril, se derrumbó a US\$55,00, similar al precio mostrado en enero del 2006. El mismo fenómeno sucedió con los *commodities* agrícolas. En la Figura 59 se presenta la serie histórica de los precios de los aceites vegetales, donde se muestra su alza entre finales del 2007 y mediados del 2008 y el fuerte descenso a partir de junio del 2008.

**Figura 59. Precios de los aceites vegetales y del petróleo.**



Fuente: USDA.

A pesar de que el incremento de los precios de los aceites vegetales (y también de las grasas animales) se respalda en el mercado nutricional fuertemente comprador, particularmente China, India y otros países asiáticos, los datos en la Figura 58 indican claramente el componente especulativo y la búsqueda de un nuevo nivel de precios, radicado en factores esencialmente de mercado, a partir de junio del 2008.

## g. Problemas climáticos

Los productores agrícolas están siempre sometidos al riesgo climático. En el año 2006, se observaron fuertes sequías en China, este de Europa, Ucrania y países de la Unión Europea, Canadá y Australia. Estos problemas afectaron la producción de cereales, en especial arroz y trigo. En la Figura 60 se

presenta la evolución de la cotización del trigo en el mercado internacional, donde se verifica la elevación acentuada de su precio en el 2007, debido no solo a los problemas climáticos directos, sino también a los potencializados por las sequías.

A partir de las cosechas normales de cereales en el Hemisferio Sur, el precio del trigo empezó a disminuir en el primer semestre del 2008, seis meses antes de la reducción general de precios de los *commodities*, lo que indica claramente que se trataba de un problema coyuntural de oferta promovido por problemas climáticos.

**Figura 60. Cotización del trigo, en centavos de dólar por *bushel*, en la CBOT.**



Fuente: Datos tomados de <http://futures.tradingcharts.com/menu.html>

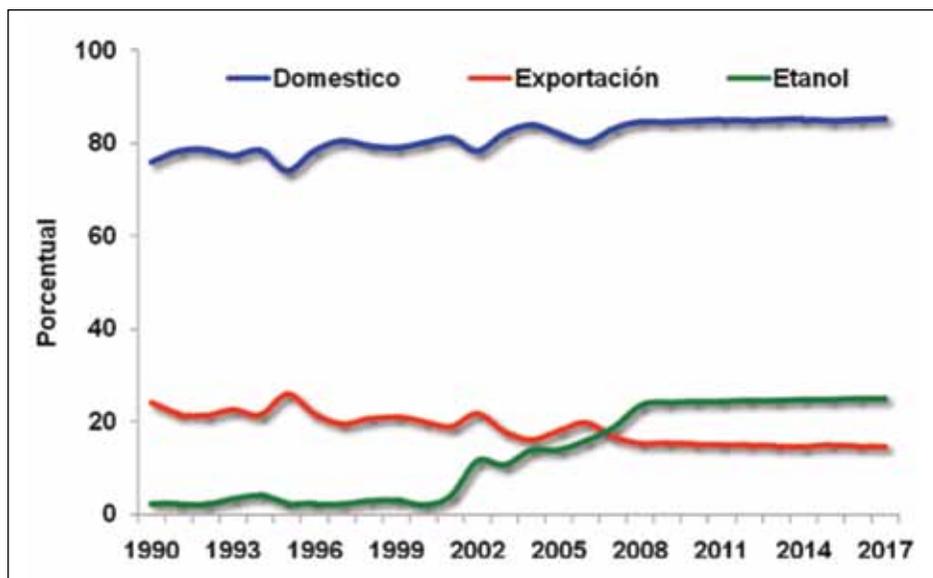
#### h. Biocombustibles

La participación de los biocombustibles en el aumento de precios de productos agrícolas es marginal y restringida a tres aspectos puntuales: el maíz norteamericano, la colza europea y el trigo europeo. En los demás casos, no se puede atribuir a los biocombustibles un conflicto por reducción de producción de alimentos y consecuente aumento de precios<sup>12</sup>.

En el caso de maíz, cerca del 30% de la producción norteamericana del grano tuvo como destino la producción de etanol en el 2007 (Figura 61). En ese año, EE.UU. produjo 332 millones de toneladas de maíz, lo que representa un 42% de las 784 toneladas producidas en el mundo. Hasta el año del 2000, el uso de maíz como materia prima para producción de etanol había sido muy bajo, pero, en seis años pasó de 2% a 30% de la producción norteamericana.

12 Para la producción de etanol, por ejemplo, en el mundo se utiliza una amplia variedad de materias primas. La elección depende de la disponibilidad local, el cultivo, los precios relativos y los incentivos gubernamentales específicos para la producción.

**Figura 61. Destino de la producción de maíz de EE.UU.**



Fuente: USDA, *Agricultural Projections 2017*.

A pesar del incremento en la producción total, se puede observar una reducción de la exportación de maíz de EE.UU. en términos absolutos, la cual no fue convenientemente remplazada por otros países productores, cuando este país fue el protagonista tanto de la producción como del comercio internacional de maíz, soportado por pesados subsidios del tesoro. Previsiblemente, hubo una escasez de maíz en el mercado internacional, justamente cuando la renta per cápita se incrementó en los países en desarrollo, lo que ocasionó un aumento de la demanda cuando la oferta se redujo.

El Cuadro 21 presenta los principales cultivos destinados a la agricultura de energía, en términos globales, los cuales tendrían ocupados 21,7 millones de hectáreas. Sin embargo, en las áreas de cultivo mencionadas en el Cuadro 21, no se producen solamente biocombustibles,

sino que una parte se destina al mercado nutricional (maíz = DDGS; soya, girasol o canola = torta proteica; cereales = residuo para alimentación animal).

Por esta lógica, es necesario calcular un área proporcional, es decir, la porción del área de cultivo efectivamente destinada a la producción de biocombustibles. Por ejemplo, en el caso de la soya en Brasil, se requieren 1,7 millones de hectáreas para producir aproximadamente un galón de aceite para biodiesel, lo que representa el consumo estimado para el programa de biodiesel en el 2008. Mientras tanto, como el contenido de aceite en el grano de soya es de 18%-20%, solamente esta proporción se puede considerar como destinada a la producción de biocombustibles. El 80% de la harina de soya se destinará al mercado nutricional humano o animal.

**Cuadro 21. Área de cultivos energéticos en el mundo.**

País	Cultivo	Área total (millones de ha)	Área proporcional (millones de ha)
Brasil	Caña	3,5	3,50
Brasil	Soya	1,7	0,34
Argentina	Soya	0,8	0,16
Europa	Canola	4,0	1,60
Europa	Girasol	1,0	0,40
Europa	Cereales	2,0	0,50
EE.UU.	Maíz	5,7	2,85
EE.UU.	Soya	1,0	0,20
Asia	Palma	2,0	2,00
Total		21,7	11,55

Fuente: Elaboración del autor con base en diversas fuentes.

Por esta razón, en el año 2007 se utilizaron 11,55 millones de hectáreas para la producción de biocombustibles en escala global. La FAO indica un total de 1378 millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo en el 2007, por lo que el área destinada a la producción de biocombustibles representó solamente 1,6% y este es el número más real que se podría utilizar para dimensionar el impacto del uso de área agrícola para la producción de biocombustibles.

En conclusión, diferentes aspectos estructurales y coyunturales han contribuido al incremento de precios de productos agrícolas en el período comprendido entre finales del 2006 y mediados del 2008. Los más importantes fueron: la inclusión social, el crecimiento poblacional, los subsidios agrícolas, el aumento en los costos de los insumos agrícolas y de los fletes internacionales y, en cierta medida, la devaluación del dólar norteamericano. Los biocombustibles tuvieron una participación marginal, específicamente en relación con los cultivos de maíz (en EE.UU.), colza y trigo (en la UE), los cuales ocupan solamente 1,6% del área cultivada en términos globales.

#### 4.4 Generación de empleo e ingresos

La agricultura de energía puede representar una oportunidad adicional de generación de

empleos e ingresos, no solamente en el medio rural, sino también que en toda la cadena productiva. Es prácticamente imposible hacer una evaluación precisa de estos impactos, una vez que los resultados son fuertemente dependientes de las políticas públicas y del mercado. No obstante, solo para conferir una dimensión numérica y financiera, en este apartado se utilizaron los datos generados anteriormente en el punto 4.1 (impactos sobre la oferta de alimentos, competencia por tierra y agua, sustitución de producción de alimentos por precio mayor de biocombustibles).

Se considera un período de 15 años, entre el 2015 y el 2030, en el cual se procesaría la sustitución parcial y progresiva de gasolina y el diesel por etanol y biodiesel. Si se inicia con 5% y se llega a 20% (excepto Brasil, que llegaría a 100% de sustitución de gasolina), sería posible estimar la generación adicional de empleo en el medio rural y el impacto en la cadena productiva.

La producción de bioetanol de la caña de azúcar es muy intensa en el factor trabajo. En las condiciones actuales, por unidad de energía producida, la producción de bioetanol requiere, 38, 50 y 152 veces más mano de obra humana en comparación con el carbón, la energía hidroeléctrica y el petróleo, respectivamente (Goldemberg 2002).

Para las estimaciones de la generación de empleos en las etapas de producción y transformación de materia prima para producción de biocombustibles, se utilizan los datos obtenidos en Brasil, según el Ministerio de Agricultura Pecuaria y Abastecimiento y la Unión de los Productores de Caña durante el 2004. Se consideró que por cada millón de litros de etanol producido, se derivaron 37 empleos directos. En Brasil se considera que por cada empleo generado en el campo, se producen entre uno y tres empleos indirectos en la cadena productiva. Para las siguientes estimaciones, se consideró un valor promedio de dos cupos indirectos por cada cupo directo. En general, se considera que, un empleo en el área urbana tiene un valor monetario de dos empleos rurales.

Los estudios realizados por el Ministerio de Desarrollo Agrario, Pecuaria y Abastecimiento, Ministerio de Integración Nacional y Ministerio de las Ciudades del Gobierno de Brasil, demostraron que, por cada 1% de sustitución de diesel (450 millones de litros de biodiesel) por biodiesel producido con la participación de la agricultura familiar, se podrían generar alrededor de 45 mil puestos de trabajo en el campo, con un promedio anual de ingresos de aproximadamente US\$4900 por puesto de trabajo.

Esto representa una relación de 100 empleos directos por cada millón de litros de biodiesel.

Se supone que para cada puesto de trabajo en el campo, se generaron tres puestos de trabajo en la ciudad, hasta el consumo final, y se crearon 180 mil puestos de trabajo según el estudio efectuado. Se considera que solamente el 50% del biodiesel vendría de la agricultura familiar, lo que reduciría la generación de empleos directos a la mitad y se considerarían apenas dos empleos indirectos generados por empleo directo.

Los valores obtenidos en Brasil (los únicos disponibles) serán extrapolados para los demás países de ALC, lo que generará una sobrevaloración a favor, debido al nivel tecnológico, la automatización, la escala de producción y los valores de los sueldos en cada país.

Igualmente, cuando se proyecta la generación de empleos en el tiempo, hay que considerar reductores por avances tecnológicos, en especial por la mecanización, automatización e incrementos de productividad. Por lo tanto, los valores de empleo antes mencionados se aplicarán hasta el 2015, con reducciones progresivas en los años subsecuentes (Cuadro 22). Se interpolaron los valores intermedios entre los años indicados en el Cuadro 22. A pesar de sus reservas, los valores son buenos indicativos de la generación de empleos y también se aplican para la generación de renta.

**Cuadro 22. Empleos directos (dir.) e indirectos (ind.) generados en las cadenas de etanol y biodiesel, por millón de litros producidos.**

Cadena	2015		2020		2025		2030	
	Dir.	Ind.	Dir.	Ind.	Dir.	Ind.	Dir.	Ind.
Etanol	22	44	18	30	12	22	8	15
Biodiesel	50	100	40	70	30	50	20	30

Fuente: Elaboración del autor con base en datos del Gobierno de Brasil.

Para estimar la generación de renta total en la cadena, hasta la obtención del etanol o del biodiesel (sin las etapas de distribución y de comercialización directo al consumidor final) en Brasil, se considera que 1 m<sup>3</sup> de etanol (1000 l) posee un precio de US\$300, puesto en

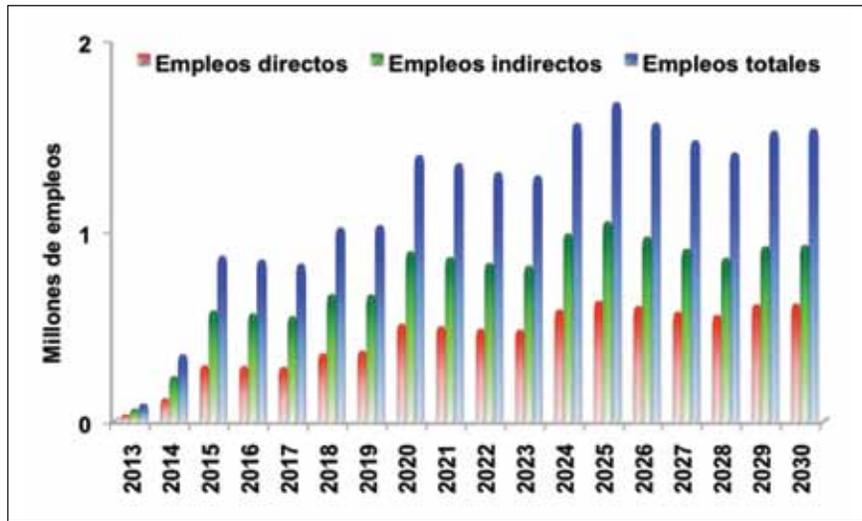
la usina de producción de etanol y ex-aranceles. El precio promedio de comercialización de biodiesel es de US\$1000 por m<sup>3</sup> y, como tal, incorpora los valores apropiados por todos los participantes de las cadenas de etanol o biodiesel hasta esta etapa.

En la Figura 62 se presenta la estimación de empleos generados por la cadena productiva de biodiesel, para los 22 países de mayor consumo de diesel en ALC.

Se puede observar que la generación de empleo es proporcionalmente más alta al principio del proceso (hasta el 2020) y se va reduciendo

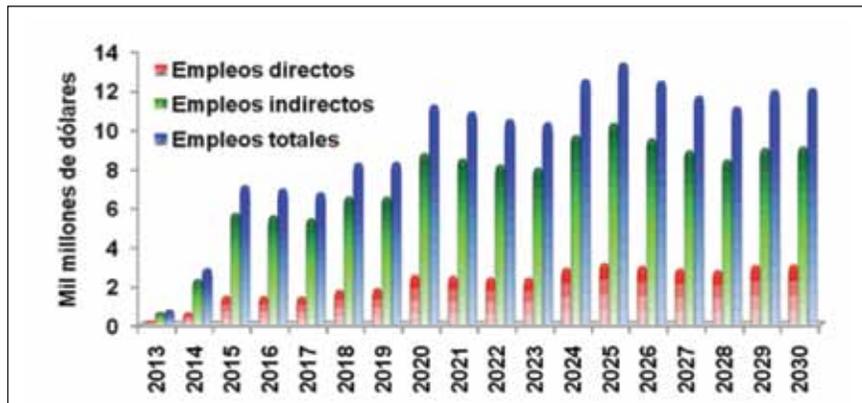
durante esta década por previsión de avances tecnológicos<sup>13</sup>, estructuración y automatización en la cadena. Para el 2020 también se estima la creación de 507 058 empleos directos y 887 351 empleos indirectos. Estos empleos generarían los ingresos presentados en la Figura 63, lo que corresponde a un ingreso total de 168 mil millones de dólares durante los 17 años abarcados.

**Figura 62. Empleos generados en la cadena de producción de biodiesel.**



Fuente: Elaboración del autor.

**Figura 63. Ingresos generados por la creación de empleos en la cadena de biodiesel.**

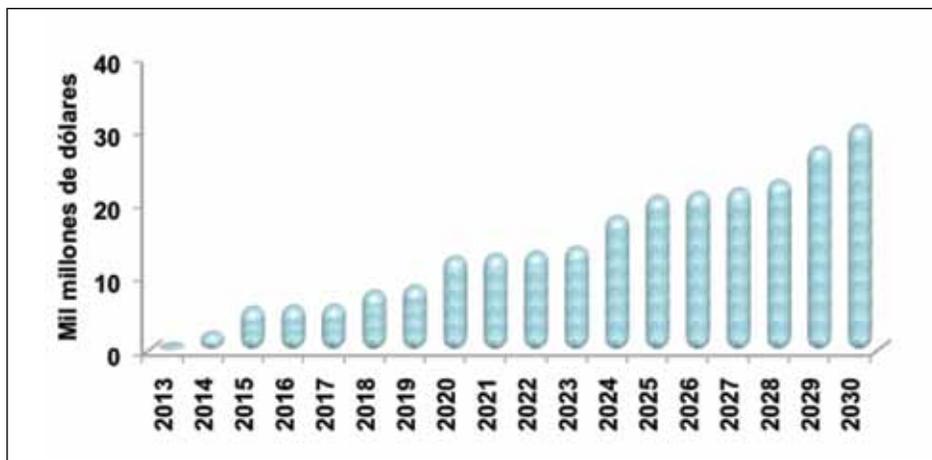


Fuente: Elaboración del autor.

13 La cadena de biodiesel aún está en su fase embrionaria y se encuentra en un período de aprendizaje, mientras que muchas de las tecnologías de proceso y de gestión serán importadas de la cadena del etanol. La lógica utilizada es que los avances tecnológicos en términos de productividad agrícola o automatización industrial o comercial redundarán en una disminución de empleos.

En la Figura 64 se presenta la renta de la cadena de biodiesel, desde la producción agrícola hasta la fabricación del biocombustible.

**Figura 64. Ingresos generados en la cadena de biodiesel, en las etapas de producción de materia prima y de su procesamiento.**

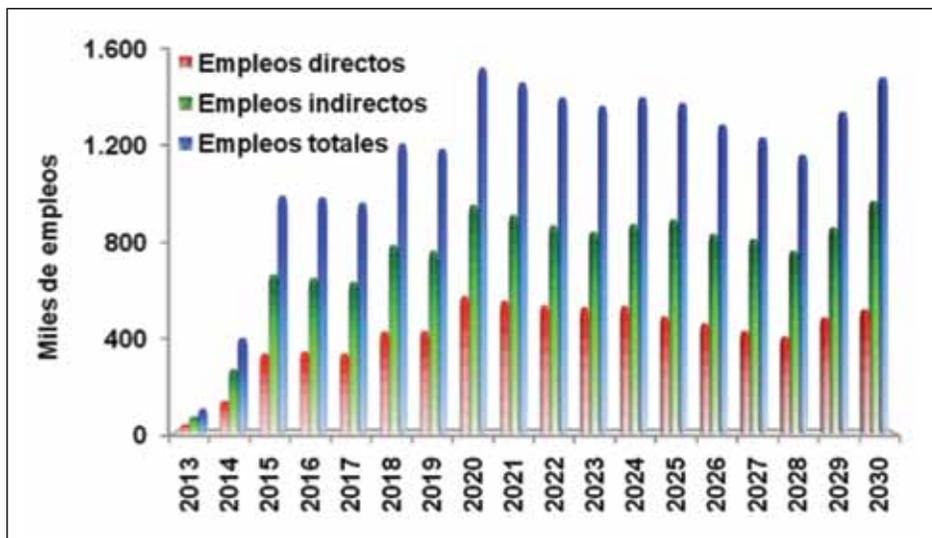


Fuente: Elaboración del autor.

Durante los 17 años cubiertos por el escenario, se estima una generación de renta total de US\$254 mil millones.

En la Figura 65 se muestran los índices correspondientes a la generación de empleos en la cadena de producción de etanol.

**Figura 65. Empleos generados en la cadena de producción de etanol.**



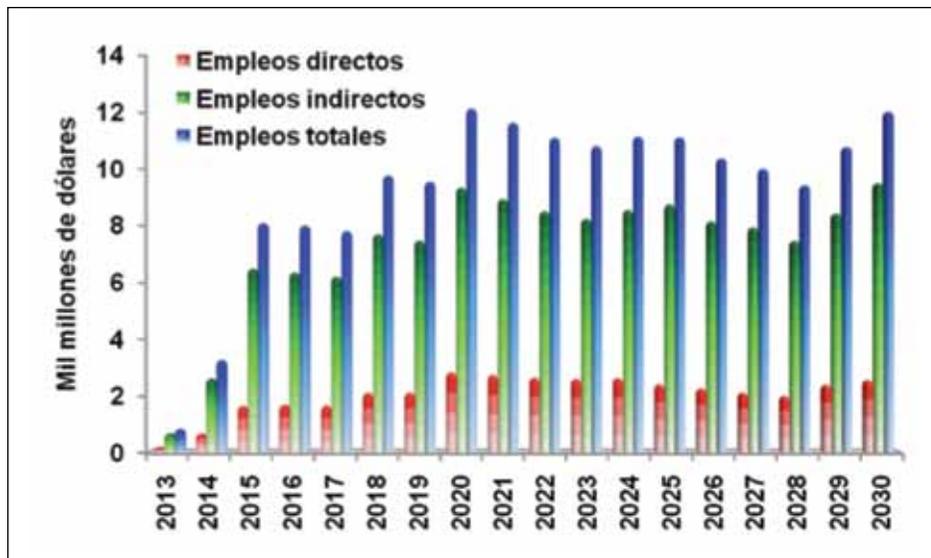
Fuente: Elaboración del autor.

La estabilización e incluso disminución del empleo a partir del 2020 se debe, fundamentalmente, a los avances tecnológicos de mecanización (plantación y cosecha) y al incremento de la productividad agronómica e industrial, una vez que se consideró que, en el 2015, se obtendrían 8000 litros de etanol/hectárea. Este valor se incrementaría a 20 000 litros en el 2030, debido a las mejoras en la productividad agrícola, la extracción y la fermentación de la sacarosa, así como el mejor aprovechamiento de la celulosa del bagazo y de la paja para producción de etanol. Los cambios que se muestran en el número de empleos (en el 2015, 2020, 2025 y 2030) corresponden con los cambios del

porcentaje de mezcla en la gasolina. En el 2020 serían generados 553 mil empleos directos y 955 mil empleos indirectos.

En la Figura 66 se presentan los ingresos asociados a la generación de empleos en la cadena del etanol. Para el cálculo de los ingresos, una vez que se fija la remuneración de los empleos, tanto directos como los indirectos, se observa la misma tendencia en los ingresos según el número de los empleos, como se mostró en la Figura 65. En total, durante los 17 años considerados para el escenario, se estima un ingreso total superior a US\$168 mil millones.

**Figura 66. Ingresos generados por la creación de empleos en la cadena de etanol.**

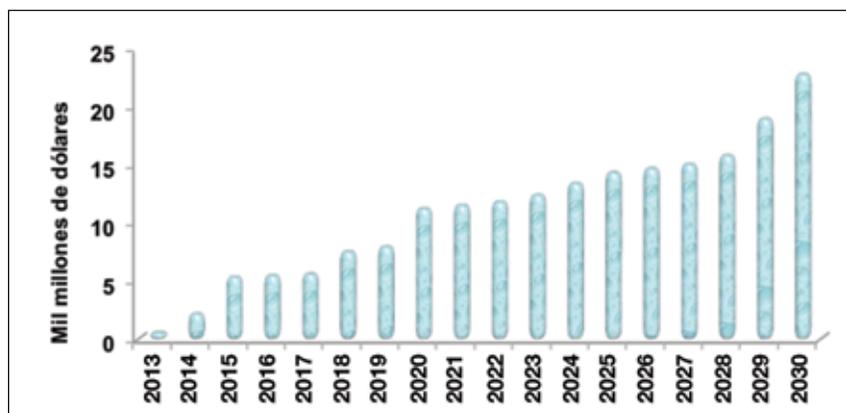


Fuente: Elaboración del autor.

En la Figura 67 se indica la estimación de la renta total de la cadena productiva, incluso la fabricación del etanol y la cogeneración de electricidad. En total, durante los 17 años

abarcados por el estudio, se estima una renta en la parte agrícola e industrial de la cadena equivalente a casi 200 mil millones de dólares.

**Figura 67. Ingresos generados en la cadena de etanol, en las etapas de producción de materia prima y de su procesamiento.**



Fuente: Elaboración del autor.

En resumen, con las cadenas de producción de biocombustibles (etanol y biodiesel), para sustitución de 5% a 20% de combustibles fósiles, durante un período estimado de 17 años (2013 a 2020), será posible crear 1 132 millones de empleos directos y 1 892 millones de empleos indirectos, los cuales generarían un ingreso de US\$336 mil millones en sueldos laborales. Adicionalmente, solo las etapas agrícola e industrial de las cadenas presentarían una renta total superior a US\$450 mil millones. No se consideran los eventuales

ingresos provenientes de bonos de carbono de emisiones evitadas por la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles y bio-electricidad, debido a la complejidad de los cálculos involucrados.

#### 4.5 Modificaciones en la propiedad de la tierra

Más antes, en el Cuadro 16 se presentó el área necesaria para producir etanol y biodiesel, en los principales países de ALC, según el

**Cuadro 23. Área ocupada por cultivos energéticos y su relación con el área total cultivada y el área de expansión potencial de ALC.**

Año	Cultivos energéticos millones de hectáreas	Porcentajes	
		AC*	AE
2005	3,0	0,4	0,5
2010	5,0	0,6	0,9
2015	7,0	0,9	1,3
2020	11,8	1,5	2,3
2025	12,0	1,5	2,3
2030	12,5	1,5	2,4

Fuente: Elaboración del autor.

\* AC= área cultivada

AE= área de expansión

escenario de substituir 5%-20% de los combustibles fósiles entre el 2015 y el 2030. En el Cuadro 23 se analiza el área ocupada por cultivos energéticos en comparación con el total del área cultivada en la región y con el área potencial de expansión, de acuerdo con un estudio realizado por la FAO.

Se puede observar que en el límite será necesario contar con 12,5 millones de hectáreas de cultivos energéticos (2030), lo que representa 1,5% del área de cultivo o 2,4% del área de expansión. En esta condición, como regla general, no se anticipa el riesgo de que los cultivos energéticos, aisladamente, puedan promover una concentración de la propiedad en manos de pocos agricultores.

Sin embargo, países con baja capacidad de expansión podrían experimentar problemas con la propiedad de la tierra por su valoración.

La tendencia de mecanización no se debe solamente a la necesidad de mayor escala de producción. También está asociada con la disminución de la oferta de mano de obra para actividades agrícolas, otra tendencia de mediano y largo plazo.

Para evitar problemas de concentración de la propiedad de la tierra, se recomienda utilizar políticas públicas adecuadas, en especial fiscales, que beneficien a los pequeños agricultores familiares para que puedan competir con otros productores de escala mayor. Igualmente, los productores necesitan ser asistidos para su organización y unión, mediante asistencia técnica y formación para efectuar adecuadamente las adquisiciones de insumos agrícolas, máquinas, implementos y servicios en conjunto. Así podrán agregar valor a sus productos y efectuar la comercialización de forma colectiva para garantizar la sostenibilidad de sus negocios.



## 5. Posibles impactos ambientales

A continuación se detallan los ámbitos que serán afectados por impactos ambientales:

### 5.1 Escalas de producción

El área destinada a la producción de biocombustibles constituye una pequeña fracción del total del área cultivada, por lo que no habría modificaciones significativas en la escala de producción (Cuadro 23).

Sin embargo, si el tema es abandonado a las leyes del mercado, puede suceder que los empresarios busquen la verticalización de los negocios, es decir, la producción de materia prima, la generación de biocombustible y su comercialización. Para evitar la excesiva concentración y monopolio sectorial, se deben establecer políticas públicas

que organicen la producción de manera integrada, lo cual a su vez permita distribuir la producción de materia prima e incentivar a los mismos agricultores a procesarla para producción de biocombustibles.

En el caso de Brasil, el Gobierno Federal adoptó una política pública en el tema fiscal, mediante la cual se exoneran parcialmente los aranceles en la producción de biodiesel, cuando se ha logrado comprobar que una parte de la materia prima ha sido producida por pequeños agricultores familiares. Esta política se conoce como “sello combustible social”. Su objetivo es conferir mayor capacidad de competencia a los productores familiares y evitar la excesiva concentración de la producción. En este caso, la reducción de los aranceles cubiertos por esta política pública puede llegar al 100%.

### Sello de combustible social

El “sello combustible social” es una pieza de identificación emitida por el Ministerio de Desarrollo Agrario a los productores de biodiesel que promuevan la inclusión social y el desarrollo regional, mediante la generación de empleos e ingresos para los agricultores familiares. Se enmarca en los criterios del programa nacional de agricultura familiar.

A través del “sello de combustible social”, el productor de biodiesel tiene acceso a tasas del Programa de Integración Social (PIS), Contribución para el Financiamiento de la Seguridad Social (COFINS) y el Programa de Formación del Patrimonio del Servidor Público (PASEP) con diferentes coeficientes de reducción.

Igualmente, se garantiza el acceso a las mejores condiciones para el financiamiento del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) y sus instituciones financieras

acreditadas como el Banco de la Amazonia S/ A (BASA), el Banco Noreste de Brasil (BNB), el Banco de Brasil S/ A o de otras entidades financieras que poseen condiciones especiales de financiamiento para los proyectos con “sello combustible social”. El productor de biodiesel también puede usar el sello para fines de promoción comercial de su empresa.

El “sello combustible social” solo se concederá a los productores de biodiesel que:

- Acceden a las materias primas de la agricultura familiar en el porcentaje mínimo de:
  - 50% y el noreste semi-árido.
  - 10% de la región norte, oeste y centro.
  - 30% del sur y el sudeste.
- Firman contratos negociados con los agricultores familiares, en los cuales se estipule, por lo menos:
  - El plazo de duración del contrato.
  - El valor de la compra y los criterios para el reajuste del precio del contrato.
  - Las condiciones para la entrega de materias primas.
  - Las garantías de cada sección.
- Tengan identificada una representación de los agricultores que participaron en las negociaciones.
- Cuenten con capacitación y asistencia técnica para la agricultura familiar.

Reducción de las tasas y PIS/PASEP/COFINS sobre la producción de biodiesel (Decreto 5297)		
Modalidad de productor de biodiesel	Materia prima y región	
	Cualquier materia prima en cualquier región	Palma y ricino en el norte y noreste
Sin sello social	R\$0,22 (reducción 67,0%)	R\$0,15 (reducción 77,5%)
Con sello social	R\$0,77 (reducción 89,6%)	R\$0,00 (reducción 100%)

## 5.2 Requerimientos de agua y suelo

En el Cuadro 16 se citan los requerimientos en términos de área agrícola. Para el 2030 se estiman 12,5 millones de hectáreas, en un escenario donde primero se substituirá el 5% de los combustibles fósiles por biocombustibles para el 2015 y la tasa de sustitución aumentaría progresivamente hasta llegar a 20% en el 2030. Para el área presentada en el Cuadro 16, no se consideró la necesidad de irrigación, la cual puede ser necesaria en algunas regiones de oferta hídrica más baja. En general, por las condiciones climáticas de ALC, se admite que el régimen de lluvias de las series históricas actuales será suficiente para garantizar la producción agrícola de materia prima necesaria.

## 5.3 Manejo de desechos sólidos y líquidos

Los fabricantes de las plantas para producción de biodiesel y de etanol planifican los equipos, procesos y la implementación de las plantas, y consideran las necesidades para evitar impactos ambientales.

En el caso del etanol, las plantas modernas operan mediante un sistema de agua industrial casi cerrado. Se utiliza el agua contenida en la materia prima para los sistemas industriales, a través de tratamientos adecuados y reciclaje en ciclo cerrado. Solamente el agua residual excedente de la destilación del etanol se exporta a las áreas de producción, utilizadas en sistemas de ferti-irrigación, por su elevado contenido de potasa y otros nutrientes. Debido a la utilización integral de la biomasa para la producción de energía u otro tipo de aprovechamiento alimentario o industrial, las plantas modernas de producción de etanol se consideran de muy bajo riesgo ambiental.

El circuito de agua para la producción de biodiesel también es cerrado, con tratamiento y reciclaje del desagüe. Los insumos de la reacción de transesterificación no utilizados (etanol o metanol) y los catalizadores se recuperan

para otros usos. El único residuo sólido es el glicerol, el cual tiene diversos usos en la industria química o farmacéutica, donde es aprovechado integralmente.

Por lo expuesto, el estado del arte tecnológico ya considera el manejo de desechos sólidos y líquidos, con el fin de evitar impactos ambientales negativos.

## 5.4 Monocultivos extensivos

Como se mencionó anteriormente, no es válido considerar el riesgo de monocultivos extensivos cuando el total de área de cultivos energéticos corresponde a 1,5% del total de área cultivada. Con respecto al caso de Brasil, que posee el programa más grande de sustitución de gasolina en términos globales, en el 2008 el área cultivada con caña para producción de etanol alcanzó 3,5 millones de hectáreas, con un *market share* de 55% del consumo de combustibles de vehículos equipados con motor de ciclo "Otto".

Las estimaciones del incremento de la producción de caña y de procesamiento industrial permiten anticipar que, ante el aumento del consumo de gasolina en el país, hasta el 2030 será necesario incorporar 2,3 millones de hectáreas más para substituir integralmente la gasolina utilizada en Brasil.

Si se considera el uso del área agrícola presente en Brasil, de aproximadamente 263 millones de hectáreas, y se estima un incremento de 1% al año hasta el 2030, el país utilizaría 327 millones de hectáreas. En esta condición, estaría utilizando 1,77% del área para producción de etanol.

Para la sustitución de diesel, el valor estimado es de 2,5 millones de hectáreas (0,76% del área), en un escenario donde no se utilizaría etanol para substituir el diesel en larga escala, a pesar de su eficiencia más elevada. En este caso, el país utilizaría 2,53% de su área cultivada para fines agrícolas con cultivos energéticos, lo que

no configura un monocultivo extensivo. En comparación con los cultivos de maíz y soya en Brasil, destinados en 97% al mercado nutricional, ocuparán 37 millones de hectáreas en el 2008 o 14% del área agrícola.

Como Brasil mantiene el liderazgo en la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles y no existe un riesgo de monocultivos extensivos de cultivos energéticos en este país, se podría tomar como premisa que ningún otro país de ALC presentaría el riesgo de

monocultivos extensivos para producción de biocombustibles.

### 5.5 Balance de energía, toxicidad, seguridad y reducción de emisiones

En los cuadros 24 y 25 se muestra el ingreso de energía en un sistema de producción de biodiesel. En el Cuadro 26, se presenta la salida y el balance de energía para girasol y soya, y en el Cuadro 27, para diferentes materias primas.

**Cuadro 24. Ingresos de energía en la etapa agronómica de producción de biodiesel.**

Factor	Girasol		Soya	
	Cantidad	Mcal	Cantidad	Mcal
Mano de obra	8,6 horas	4	6,3 horas	3
Maquinaria	20 kg	360	20 kg	360
Combustible	54 litros	540	66 litros	660
Nitrógeno	57,5 kg	920	-	-
Fósforo	13 kg	52	35,5 kg	147
Potasio	25 kg	81	66,5 kg	209
Calcáreo	1000 kg	281	2000 kg	562
Boro	3 kg	11	1 kg	4
Semillas	4 kg	7	50 kg	43
Herbicidas	3 litros	300	0,47 litros	47
Insecticidas	1 litro	100	2,03 litros	203
Transporte	270 km	68	174 km	44
Productividad	2500 kg	-	4000 kg	-
Total de ingreso	-	2724	-	2282

Fuente: Gazzoni *et al.* 2005.

**Cuadro 25. Ingresos de energía en la etapa industrial de producción de biodiesel.**

Factor	Girasol		Soya	
	Cantidad	Mcal	Cantidad	Mcal
Ingreso de energía en el sistema				
Electricidad	270 kwh	697	194 kwh	500
Vapor	1 350 000 kcal	1350	972 000 kcal	972
Agua de limpieza	160 000 kcal	160	115 000 kcal	115
Calor indirecto	97 000 kcal	152	109 000 kcal	109
Calor directo	280 000 kcal	440	317 000 kcal	317
Pérdidas	191 000 kcal	300	162 000 kcal	162
Acero inoxidable	11kg	158	11 kg	158
Acero	21 kg	246	21 kg	246
Cemento	56 kg	106	56 kg	106
Total	-	3 609	-	2 685

Fuente: Gazzoni *et al.* 2005.

**Cuadro 26. Salidas de energía en un sistema de producción de biodiesel.**

Factor	Cantidad	Mcal	Cantidad	Mcal
Cáscara	En la torta	En la torta	Marginal	Marginal
Aceite	1 000 kg	9 000	720 kg	6 480
Torta	1 500 kg	6 000	3 280 kg	13 120
Total	2 500 kg	15 000	4 000 kg	19 600
Ingresos	Agrícola	2 724	Agrícola	2 282
Ingresos	Industrial	3 609	Industrial	2 685
Total	-	6 333	-	4 967
Balance aceite	1 000 kg	2 667 (1:1,42)	720 kg	1 513(1: ,3)
Balance total	-	8 667 (1:2,37)	-	14 633 (1:3,95)

Fuente: Gazzoni *et al.* 2005.

**Cuadro 27. Ingresos, salidas y balance de energía de diferentes materias primas para producción de biodiesel.**

Cultivo	Valor energético (Mcal/ha <sup>1</sup> )			Fuente
	Ingreso	Salida	Balance	
Palma	10 200	87 670	1 : 8,00	Gazzoni y Borges (en prensa)
Soya	4 967	19 600	1 : 3,95	Gazzoni y Felici (2005)
Girasol	6 333	15 000	1 : 2,37	Gazzoni y Felici (2005)
Canola	4 874	13 200	1 : 2,66	Gazzoni y Borges (2008)
Ricino	15 626	28 892	1 : 1,85	Gazzoni y Coronato (en prensa)

De acuerdo con la información presentada en los cuadros del 24 al 27, se puede determinar que el girasol produce un balance de energía exclusivamente para la producción de aceite, más que la soya, puesto que su contenido en el grano de girasol es el doble del que se encuentra en el grano de soya.

Cuando se considera el balance de energía total, la soya presenta valores más elevados, en virtud de la mayor productividad de granos. No obstante, la ventaja comparativa, desde el punto de vista del balance de energía, pertenece a la palma aceitera africana, la cual también presenta la más alta densidad energética entre las plantas oleíferas.

Es importante considerar tres puntos principales en la definición de las materias primas:

- La densidad energética (megajoules de energía generada por hectárea).
- El balance de energía (megajoules de salida de energía para cada megajoule de ingreso).
- El costo del megajoule generado.

En el Cuadro 28 se presentan los ingresos y salidas de energía y el balance de energía en diferentes sistemas de producción de etanol a partir de caña de azúcar. Se consideraron cuatro escenarios futuros:

- a. Moderado (más probable o *business-as-usual*). Producción de etanol a partir de la fermentación de sacarosa y cogeneración de electricidad con ciclos de vapor.

- b. Agresivo I. Producción de etanol a partir de la fermentación de sacarosa y por hidrólisis de la celulosa y hemi-celulosa, con cogeneración de electricidad y ciclos de vapor.
- c. Agresivo II. Producción de etanol a partir de la fermentación de sacarosa y cogeneración de electricidad con gasificación de biomasa integrada a ciclos combinados (BIG/GT-CC).
- d. Agresivo III. Producción de etanol a partir de la fermentación de sacarosa y cogeneración de electricidad con gasificación de biomasa integrada a ciclos combinados (BIG/GT-CC) y producción de biocombustibles de síntesis a partir de la gasificación (*Fischer-Tropsch*).

**Cuadro 28. Ingresos y salidas de energía (MJ/tc) y balance de energía en la producción de etanol de caña de azúcar.**

Factor	2002	2006	2020			
			Mod	Agr I	Agr II	Agr III
Ingresos de energía						
Energía fósil	251	234	263	268	264	264
Agrícola	202	211	239	237	239	239
Industrial	50	24	24	31	26	26
Salidas de energía						
Energía renovable	2 090	2 198	3 171	3 247	3 756	3 367
Etanol	1 921	1 926	2 060	2 879	2 060	2 060
Electricidad	0	96	1111	368	1 695	814
Bagasa	169	176	0	0	0	0
Gas síntesis						492
Balance de energía	8,3:1	9,4:1	12,1:1	12,1:1	14,2:1	12,7:1

Fuente: Seabra 2008.

A continuación se describen los aspectos principales de la toxicología y seguridad de uso de los productos biodiesel y etanol.

#### a. Biodiesel

- **Toxicidad aguda por vía oral.** El biodiesel se considera prácticamente atóxico. La DL50 oral aguda es superior a 17,4 g/kg de peso corporal. La sal de mesa (NaCl) es casi 10 veces más tóxico.
- **Irritación de la piel para humanos.** Un estudio de contacto de 24 h de biodiesel en la piel de humanos indicó que el biodiesel puro ocasiona una irritación muy leve. La irritación fue inferior al resultado producido por una solución de agua y jabón a 4%.
- **Toxicidad para organismos acuáticos.** Una prueba con duración de 96 h determinó que la concentración letal de biodiesel para *Lepomis macrochirus* (pez de pruebas de toxicidad por su alta sensibilidad) fue superior a 1000 mg/L. Concentraciones letales de estos niveles generalmente se consideran insignificantes, de acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de los EE.UU. (NIOSH).
- **Biodegradabilidad.** Por ser un producto derivado de aceites vegetales o grasas animales naturales, el biodiesel se degrada alrededor de cuatro veces más rápidamente que el petrodiesel. En 28 días, el biodiesel puro se degrada de 85% a 88% en el agua, al mismo nivel de la dextrosa (una prueba

de azúcar utilizado como control positivo en el ensayo de biodegradabilidad). La mezcla de biodiesel con gasóleo acelera la biodegradabilidad del combustible fósil. Por ejemplo, mezclas de 20% de biodiesel y 80% de combustible diesel se degradan dos veces más rápidamente que el diesel puro.

- **Punto de inflamación.** El punto de inflamación de un combustible se define como la temperatura a la que se encenderá cuando se expone a una chispa o llama. El punto de inflamación del biodiesel es superior a 150°C, muy por encima del petrodiesel (52°C). Las pruebas han mostrado que el punto de inflamación de mezclas de biodiesel aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de biodiesel. Por lo tanto, el biodiesel y mezclas de biodiesel con diesel de petróleo son más seguros para almacenar, transportar y manipular.

#### b. Etanol

- **Toxicidad aguda por ingestión:**
  - DL 50 en ratones: 6200 a 17 800 mg/kg.
  - Por contacto dérmico en conejos: >20000 mg/kg.
  - Por inhalación LC50 ratones: 8000mg/kg.
- **Toxicidad crónica.** No existen evidencias de efectos cancerígenos o mutagénicos del etanol.
- **Irritación de la piel.** Una aplicación única de 4h en la piel intacta de conejos produjo síntomas mínimos de irritación.
- **Ecotoxicidad.** Se considera atóxico, pero en concentraciones muy elevadas podría presentar efectos adversos en la fauna marina.
- **Punto de inflamación.** Es muy baja, de 13°C, por lo que debe ser almacenado, transportado y manipulado con cuidado.

#### 5.5.1 Análisis del biodiesel en relación con las emisiones de gases

En 1998, el Departamento de Energía (USDOE) y el USDA publicaron los resultados del Inventario del Ciclo de Vida de Biodiesel. Se compararon los resultados bajo la lógica “de la cuna a la tumba”, con un inventario de los materiales utilizados, los recursos energéticos consumidos, el aire, el agua y los desechos sólidos generados por las emisiones de diesel de petróleo y biodiesel, con el fin de comparar los costos y beneficios durante el ciclo de vida de cada uno de los combustibles. El estudio, con duración de 3,5 años, siguió los protocolos aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE.UU. y utilizados por la industria privada para la realización de este tipo de investigación.

El estudio fue diseñado para la información comparativa que se podría utilizar en la formulación de políticas adecuadas para producción y uso de biodiesel. Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

- a. La relación de eficiencia de energía (es decir, la energía total del combustible por el total de la energía utilizada en la producción, fabricación, transporte y distribución) para el combustible diesel y biodiesel es de 83,28% para el diesel frente a 80,55% para el biodiesel. En el informe se señala: “El biodiesel y el petróleo diesel tienen la eficiencia energética muy similar.”
- b. La tasa de eficiencia total (es decir, la energía total del combustible por el total de la energía fósil utilizada en la producción, fabricación, transporte y distribución) para el combustible diesel y biodiesel demuestra que el biodiesel es cuatro veces más eficaz que el combustible diesel en la utilización de energía fósil - 3,215 para el biodiesel *vs* 0,8337 para el diesel. El estudio señala que en cuanto a la utilización eficaz de los recursos energéticos fósiles,

el biodiesel produce cerca de 3,2 unidades de combustible por cada unidad de energía fósil consumida en el ciclo de vida.

Por el contrario, el petróleo diesel en su ciclo de vida del rendimiento es de solo 0,83 unidades de combustible por unidad de producto de energía fósil consumida. Estas medidas radican en la naturaleza renovable de biodiesel. El informe también señala que sobre la base de insumos de energía fósil, el biodiesel mejora su utilización.

- c. En los motores de autobuses urbanos, el biodiesel y el B20 presentaron un consumo de combustible similar al del diesel, si se considera la densidad de energía volumétrica de los dos combustibles. El estudio explica que en general, el consumo de combustible es proporcional a la densidad de energía volumétrica del combustible, basado en su poder calorífico inferior. El petrodiesel contiene alrededor de 131,295 BTU/gal, mientras que el biodiesel contiene aproximadamente 117,093 BTU / gal. La relación es de 0,892. Si el biodiesel no tiene ningún impacto sobre el rendimiento de los motores, la economía de combustible volumétrico sería de aproximadamente 10% en comparación con el petróleo diesel. Sin embargo, la eficiencia del combustible y la economía del combustible de biodiesel tienden a ser solo 2% -3% menos que la del diesel.
- d. En el ciclo de vida, las emisiones de dióxido de carbono del biodiesel son 78% más bajas que las emisiones de dióxido de carbono del petrodiesel. "La reducción es un resultado directo de reciclaje del carbono en los cultivos de oleaginosos", señala el estudio.
- e. El ciclo de vida global de las emisiones de monóxido de carbono (un gas venenoso y un factor que contribuye a la formación localizada de *smoke* y ozono) del biodiesel son 35% más bajos que las emisiones de monóxido de carbono procedentes de motores diesel. El biodiesel también reduce las emisiones del tubo de escape de autobuses de monóxido de carbono en un 46%.
- f. El ciclo de vida global de las emisiones de materia articulada (reconocida como un factor que contribuye a las enfermedades respiratorias) del biodiesel es 32% más bajo que el de las emisiones de partículas de diesel. Las emisiones del tubo de escape del material articulado son 68% inferiores en el caso de biodiesel, en comparación con el diesel de petróleo.
- g. El estudio también considera que el biodiesel reduce en 83,6% la cantidad total de partículas de hollín en el tubo de escape del autobús. El hollín es la pesada carga de humo negro generada en los tubos de escape, formada esencialmente en un 100% por carbono, como resultado de reacciones de pirólisis durante la quema de combustible. El estudio señala que hay en curso investigaciones para descubrir la relación entre la exposición al hollín diesel y crecimientos cancerosos en ratones.
- h. El ciclo de vida global de las emisiones de óxidos de azufre (componentes principales de la lluvia ácida) del biodiesel es un 8% inferior a ciclo de las emisiones de óxidos de azufre procedentes del petrodiesel. Además, el biodiesel elimina completamente las emisiones de óxidos de azufre de las emisiones del tubo de escape del autobús.
- i. El ciclo de vida de las emisiones de metano (uno de los más potentes gases de efecto invernadero) de biodiesel es casi 3,0% inferior al de las emisiones de metano procedentes de motores diesel. El estudio señala: "Aunque las reducciones logradas con biodiesel son pequeñas, en realidad son importantes cuando se estiman sobre la base de su 'CO<sub>2</sub>-equivalente', por el factor de corrección de 24."

- j. El ciclo de vida global de las emisiones de óxido de nitrógeno (un factor que contribuye a la localizada formación de *smoke* y ozono) de biodiesel es 13% mayor que el de las emisiones de óxido de nitrógeno procedentes de motores diesel. Un autobús urbano que utiliza biodiesel tiene emisiones del tubo de escape que son 8,89% superiores a un autobús operado con diesel de petróleo.
- k. Las emisiones de hidrocarburos (un factor que contribuye a la formación localizada de *smoke* y ozono) del tubo de escape del autobús son 37% inferiores para el biodiesel.
- l. La producción de aguas residuales durante el ciclo de vida del biodiesel es 79% inferior al petrodiesel.
- m. En el ciclo de vida global, la producción de residuos sólidos peligrosos de biodiesel es 96% menor que la producción total de residuos sólidos peligrosos procedentes de motores diesel. Sin embargo, durante el ciclo de vida del biodiesel, la producción de los residuos sólidos no peligrosos es dos veces mayor que la producción de residuos sólidos no peligrosos de diesel. El estudio

señala: “Teniendo en cuenta el impacto más grave de residuos peligrosos y no peligrosos de eliminación de residuos, se trata de un *trade-off* con ventajas para el biodiesel”.

De acuerdo con información obtenida del National Biodiesel Board (NBB 2008) norteamericano, en el Cuadro 27 se presenta un resumen de las principales emisiones de biodiesel, divididas en biodiesel puro (B100) o mezcla de 10% con petrodiesel (B20). Esta es una mezcla comercial utilizada en EE.UU.

Se verifica una clara ventaja con el uso de biodiesel en comparación con el petrodiesel con respecto a la reducción de todas las emisiones, a excepción de los óxidos de nitrógeno. Las reducciones más importantes son de los sulfatos (compuestos de azufre), los hidrocarburos, sean los aromáticos policíclicos o los nitrosos, y los potenciales generadores del gas ozono. Entre las emisiones reguladas, hay una reducción significativa del total de hidrocarburos no quemados, del monóxido de carbono (CO) y del material articulado. Además de lo expuesto en el Cuadro 29, se debe considerar la reducción en la emisión de gas carbónico (78%) y del metano (3%), que son potentes gases de efecto invernadero.

**Cuadro 29. Emisiones de biodiesel en comparación con las emisiones de gasolina.**

Tipo de emisión	B100	B20
<b>Reguladas</b>		
Total de hidrocarburos no quemados	-67%	-20%
Monóxido de carbono	-48%	-12%
Materia articulada	-47%	-12%
NOx	10%	2%
<b>No reguladas</b>		
Sulfatos	-100%	-20%*
PAH (Hidrocarburos aromáticos policíclicos)	-80%	-13%
nPAH (PAH nitrosos)	-90%	-50%
Hidrocarburos potenciales formadores de ozono	-50%	-10%

Fuente: NBB 2008.

### 5.5.2 Análisis del etanol en relación con las emisiones de gases

En el Cuadro 30 se presentan las emisiones provenientes de la producción de etanol hidratado, de acuerdo con diversos estudios realizados en el 2002, 2006 y las proyecciones para el 2020 en cuatro diferentes escenarios.

Con respecto a la producción de caña, se esperan alteraciones significativas en el patrón de emisiones, debido a la reducción de la quema

de la caña en el campo, como se muestra en el Cuadro 30 (escenarios del 2020). Se prevén dos cambios tecnológicos en la cadena productiva de etanol en Brasil: la cosecha mecánica y la co-generación de bio-electricidad. Estos dos cambios generarán emisiones líquidas negativas, es decir, créditos de carbono.

En el Cuadro 31 se presenta un balance comparativo entre las emisiones de etanol y de gasolina y en el Cuadro 32 las emisiones que podrán evitarse gracias al uso del etanol.

**Cuadro 30. Emisiones totales en el ciclo de vida del etanol (kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>).**

Factor	2002	2006	2020			
			Mod	Agr I	Agr II	Agr III
<b>Emisiones</b>						
Combustibles fósiles	217	252	253	196	254	254
Quema de la caña	102	80	0	0	0	0
Emisiones del solo	71	140	124	88	124	124
Sub-total	390	472	376	285	378	378
<b>Créditos</b>						
Bio-electricidad	0	-71	-768	-182	-1172	-588
Bagasa	-141	-143	0	0	0	0
Biocombustibles de síntesis						-451
Sub-total	-141	-215	-768	-182	-1172	-1039
Total	249	257	-392	103	-795	-645

Fuente: Seabra 2008.

También en el Cuadro 31 se presentan las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ciclo de producción del etanol. Se puede observar una emisión líquida de 309kg/1000L, mientras que en el ciclo de vida

de la gasolina se emiten 3368 kg de CO<sub>2</sub>, lo que equivale a una reducción de 3059 kg con el uso de etanol.

**Cuadro 31. Balance de emisiones de CO<sub>2</sub> (kg) para cada 1000 litros de combustible.**

Fase	Emisión de etanol	Absorción de etanol	Emisión de gasolina	Balance pro etanol
Producción de caña	173	7464	-	-
Cosechas y transporte	2940	-	-	-
Fase industrial	3140	-	-	-
Vehículos	1520	-	-	-
Total	7773	7464	3368	
Emisiones líquidas	309	-	3368	-3059

Fuente: Horta Nogueira 2008.

En el análisis de las emisiones líquidas presentes del etanol (Cuadro 32), se muestra que en 2006 se evitaron 1,7 tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> con el uso de etanol hidratado o 1,8 tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> por la mezcla

de etanol anhidro en la gasolina. El escenario más probable del 2020 indica que estos valores podrán ser reducidos en 0,7 tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>, lo que amplía el margen de reducción de emisiones.

**Cuadro 32. Emisiones evitadas por utilización de etanol (tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>).**

Estudio o escenario	Uso del etanol	Caso	Emisiones I*	Emisiones II**
2002	Motor a etanol	1	-2,1	-2,2
	E25	2	-2,3	-2,4
2006	Motor a etanol	3	-2,0	-1,7
	E25	4	-2,1	-1,8
2020 – Mod	Motor a etanol	5	-2,0	-2,4
	Motor Flex Fuel	6	-1,8	,2,2
	E25	7	-2,1	-2,5
2020 – Agr I	Motor a etanol	8	-2,0	-1,9
	Motor Flex Fuel	9	-1,8	-1,7
	E25	10	-2,1	-2,0
2020 – Agr II	Motor a etanol	11	-2,0	-2,8
	Motor Flex Fuel	12	-1,8	-2,6
	E25	13	-2,1	-2,9
2020 – Agr III	Motor a etanol	14	-2,0	-2,6
	Motor Flex Fuel	15	-1,8	-2,4
	E25	16	-2,1	-2,8

\* Emisiones evitadas solamente por la sustitución de la gasolina.

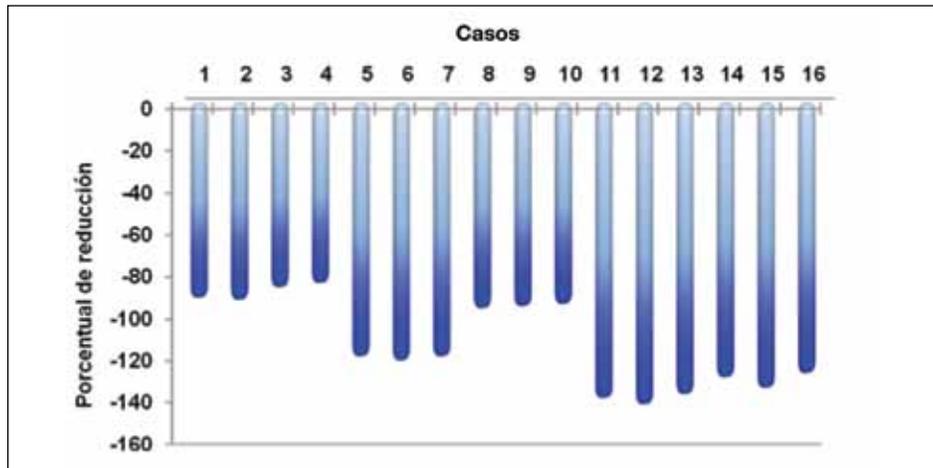
\*\* Emisiones evitadas durante el ciclo de vida del etanol.

Fuente: Seabra 2008.

En la Figura 68 se presentan los valores constantes del Cuadro 30, en comparación con el uso de la gasolina, en porcentajes de emisiones evitadas. Se observa que, en el escenario futuro

más probable (casos 5-7), la reducción actual de cerca del 80% pasaría a 120%. En el escenario agresivo 2 (casos 11-13), la reducción podría llegar hasta 140%.

**Figura 68. Reducción porcentual de la emisión de gases de efecto invernadero del etanol, en relación con la gasolina.**



Fuente: Seabra 2008.

En resumen, el balance de energía del biodiesel se sitúa entre 1:2 y 1:8, cuyo valor es inferior al balance de energía del etanol, actualmente en 1:9,4. Puede llegar hasta 1:14 en un escenario más agresivo de producción de energía en el 2020.

La toxicidad del biodiesel, en cualquiera de los parámetros analizados, es extremadamente baja, al igual que para el etanol. El biodiesel es muy seguro para almacenar, manipular y transportar, y el etanol exige cuidados una

vez que su punto de inflamación está lo suficientemente bajo.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, los dos combustibles presentan claras ventajas sobre los similares fósiles (diesel y gasolina), lo que promueve reducciones importantes de las emisiones en su ciclo de vida. La excepción son las emisiones de óxidos de nitrógeno por el uso de biodiesel, que se incrementan hasta 8% cuando se sustituye integralmente el petrodiesel por el biodiesel.

## 6. Implicaciones institucionales y geopolíticas

Durante las últimas décadas, el tema de la energía se ha tratado gradualmente en el tope de las agendas políticas internacionales. La energía renovable, en particular, ha recibido gran atención como una posible opción de ganar en los tópicos de medio ambiente y del desarrollo.

**Cuadro 33. Metas de participación de energías renovables en la matriz energética de la UE.**

País	Meta (%)	
	2005	2020
Total (EU-27)	9	20
Malta	0	10
Luxemburgo	1	11
Hungría	5	13
Chipre	3	13
República Checa	7	13
Bélgica	3	13
República Eslovaca	8	14
Países Bajos	3	14
Reino Unido	2	15
Polonia	8	15
Irlanda	4	16
Bulgaria	10	16
Italia	6	17
Grecia	7	18
Alemania	6	18
España	9	20
Lituania	15	23
Francia	10	23
Rumania	18	24
Eslovenia	17	25
Estonia	18	25
Dinamarca	17	30
Portugal	21	31
Austria	23	34
Finlandia	29	38
Letonia	35	42
Suecia	40	49

Fuente: REN21.

Las posiciones se han reforzado últimamente por el aumento de las preocupaciones geopolíticas sobre la seguridad de los suministros de energía y el aumento de los precios del petróleo a sus más altos niveles históricos.

Aunque la crisis financiera internacional del segundo semestre del 2008 haya provocado la reducción del precio del petróleo a niveles del 2006, se entiende que se trata de un movimiento coyuntural y que la tendencia de largo plazo es hacia un progresivo crecimiento del precio de la energía fósil, en especial del petróleo y del gas.

Este conjunto de razones han incentivado tanto las políticas públicas como las inversiones privadas, tal y como se observa en los cuadros del 33 a 36 y las figuras 69 y 70.

Los países de la Unión Europea (UE) constituyen el bloque más agresivo, en términos de incrementar la participación de energía renovable en la matriz energética. Su principal motivación es el tema ambiental, vinculado a los cambios climáticos globales. La directiva general de la UE apunta a una meta de 20% en el 2020. Todavía algunos países implementarán metas altas, como Suecia, que definió su meta en 49%.

**Cuadro 34. Indicadores seleccionados sobre el avance de la energía renovable en términos globales.**

Indicador	Unidad	2005	2006	2007
Inversión en generación de energía renovable	Billón de US\$	40	55	71
Capacidad instalada de generación de energía renovable excluidas grandes hidroeléctricas	GW	182	207	240
Capacidad instalada de generación de energía renovable excluidas grandes hidroeléctricas	GW	930	970	1.010
Capacidad instalada de energía eólica	GW	59	74	95
Capacidad instalada de fotovoltaica conectada a la red	GW	3.5	5.1	7.8
Generación anual de electricidad fotovoltaica	GW	1.8	2.5	3.8
Capacidad instalada de calentamiento de agua	GWth	88	105	128
Producción de etanol	GL	33	39	46
Producción de biodiesel	GL	4	6	8
Países con metas de políticas públicas		52		66
Países con políticas de <i>feed-in</i>		41		46
Estados o provincias o países con RPS		38		44
Estados o provincias o países con mandatos de biocombustibles		38		53

Fuente: REN21.

En el Cuadro 35 se presentan los avances en la capacidad instalada de generación de energía renovable en el mundo, entre el 2002 y el 2006. En algunos casos, los incrementos son dramáticos, como en la generación de electricidad fotovoltaica, que aumenta a un promedio de 60% al año.

En el Cuadro 36 se muestra que en el 2006 el total de inversiones sumó US\$75 billones, de los cuales el 54% fue dirigido a la generación

de electricidad en “haciendas de viento”. El sector de biocombustibles recibió 23% de las inversiones en energía renovable.

La Figura 69 presenta la evolución de la capacidad instalada de generación de electricidad de las fuentes eólica y fotovoltaica. El incremento más acentuado de las inversiones eólicas se debe a la tecnología más madura para el aprovechamiento de viento.

**Cuadro 35. Incremento anual de la generación de energía (2002-2006).**

Fuentes de energía	%
Fotovoltaica on grid	60
Biodisel	44
Eólica	28
Calentamiento geotérmico	27
Fotovoltaica off-grid	20
Calentamiento solar	19
Etanol	16
Pequeñas hidroeléctricas	8
Grandes hidroeléctricas	5
Termoeléctrica a biomasa	4
Potencia geotérmica	3
Calentamiento por biomasa	2

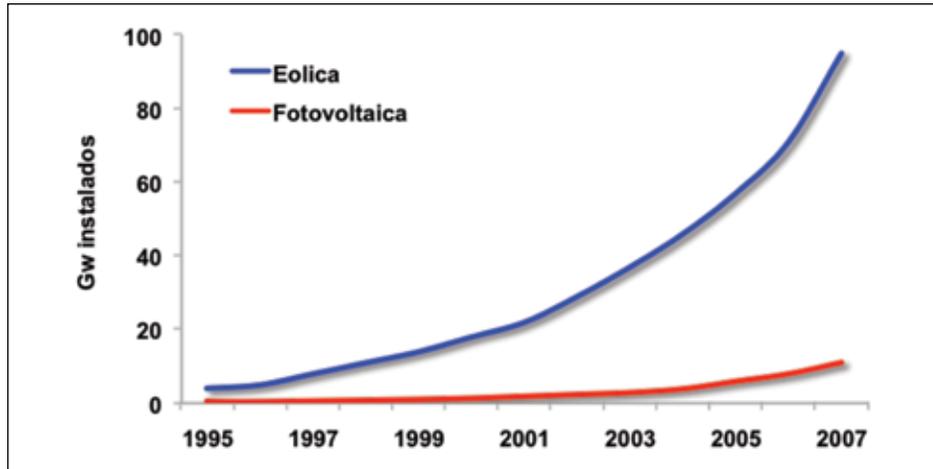
Fuente: REN21

**Cuadro 36. Inversiones globales en energía renovable en el 2007 (en billones de dólares estadounidenses).**

Fuente	Billones de US\$
Eólica	41
Biocombustibles	17
Biomasa	10
Solar	4
Otras	3
Total	75

Fuente: REN21.

**Figura 69. Capacidad instalada global de generación de electricidad eólica y fotovoltaica.**

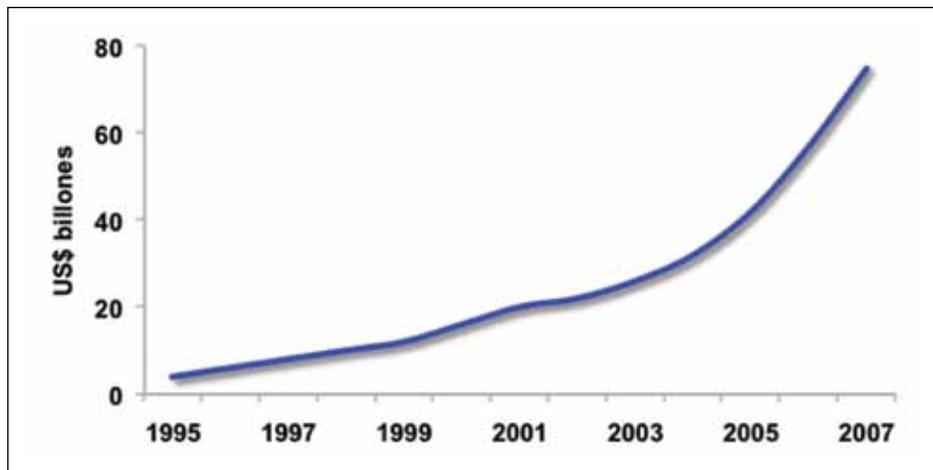


Fuente: REN21.

La Figura 70 muestra el incremento del interés de la iniciativa privada por la energía renovable. Las inversiones privadas se incrementaron

de 4 a 75 billones de dólares entre 1995 y el 2007, lo que equivale a un crecimiento geométrico promedio de 28% a.a.

**Figura 70. Inversiones globales en la capacidad instalada de energía renovable.**



Fuente: REN21.

La energía renovable también ha atraído la atención de las agencias multilaterales. Entre otros, se pueden citar los programas de las Naciones Unidas, como el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA) y la Convención Marco (centrada en el medio ambiente y particularmente en el cambio climático), el Programa de las Naciones

Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Banco Mundial, las Naciones Unidas y Cumbres del 2000 (Cumbre del Milenio) y del 2005 (Cumbre Mundial centrada en el desarrollo), así como el “Proceso de Río” con la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (CMDSD) y la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CSD), en la que se han tratado de manera conjunta

los temas relacionados con el medio ambiente y los asuntos de desarrollo, y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). En el ámbito regional, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) se han involucrado fuertemente en el tema.

Estas temáticas también han sido tratadas por el Diálogo de Gleneagles del G8 y por grandes países en desarrollo, con la contribución del Banco Mundial, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) así como del Tesoro del Reino Unido (Stern). Además, la Conferencia del 2004 de las energías renovables en Bonn, la Conferencia de BIREC del 2005 en Beijing y la Conferencia Internacional sobre la Energía Renovable realizada en Washington en el 2008. Todos estos foros han constituido espacios de discusión fuera del sistema de las Naciones Unidas.

A continuación se resume el panorama de las instituciones involucradas con energías renovables:

- a. **Organizaciones intergubernamentales**, cuya actividad principal se relaciona con la energía. Ejemplos: Agencia Internacional de Energía (AIE), Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y Conferencia Tratado de Energía Charter. Estas organizaciones poseen experiencia, una base de apoyo gubernamental y, en algunos casos, la autoridad para adoptar normas vinculantes. Sin embargo, la pertenencia a la mayoría de estas organizaciones está limitada geográficamente o por otros requerimientos.
- b. **El Grupo del Banco Mundial y los bancos regionales de desarrollo**. Estos son actores con un importante impacto en la implementación de programas de biocombustibles en los países en desarrollo. Aseguran la financiación de un número importante de proyectos sobre energía renovable en todo el mundo e incluyen desde la asistencia tecnológica para

la reforma del sector energético, hasta el cofinanciamiento del sector privado.

- c. **Las organizaciones regionales**. Ejemplos: la UE, la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental (ASEAN), Desarrollo del África Meridional (SADC) y la Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC).
- d. **La Global Environmental Facility (GEF)**, que a través de sus agencias de implementación, coordina más de 100 programas para la promoción de la producción y consumo de energía renovable (respaldada por el desarrollo del sector privado y, a veces, por la reforma del sector energético), principalmente con alcance nacional.
- e. **El sistema de las Naciones Unidas**. Las Comisiones Económicas Regionales de las Naciones Unidas desempeñan un importante papel de fomento de la capacidad, por ejemplo, la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) o la Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico (UNESCAP). A nivel mundial, el PNUMA y el PNUD son agentes importantes. Véase la Red Mundial sobre Energía para el Desarrollo Sostenible, Iniciativa de Energía Sostenible del PNUD (UNISE) y el Programa de Seguimiento Global de Energía.

Muchos otros organismos especializados de las Naciones Unidas han abordado la energía renovable en el marco de sus nichos, por ejemplo, el Departamento de las Naciones Unidas de Asuntos Económicos y Sociales (UNDESA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO. La CDS incluye la energía como un componente importante de su plan de trabajo para los próximos años. Se ha creado un grupo interinstitucional "ONU-Energía" para ayudar a garantizar la coherencia de las Naciones Unidas en respuesta a la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, en general, y sobre el tema de energía, en particular.

f. **La CMDS y su plan de ejecución.** El Plan de Aplicación de la CMDS, aunque no vinculante, es el instrumento internacional más amplio con referencia a las fuentes de energía renovable y la eficiencia energética producidos por la comunidad mundial. Se centra en el desarrollo, la aplicación, la transferencia de tecnología y la rápida comercialización de energía renovable. Se considera la energía como clave para la erradicación de la pobreza en el mundo y el cambio de patrones de consumo y producción no sostenibles. La Declaración Política resultante de la Conferencia de Energías Renovables del 2004 reafirma el compromiso de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible.

g. **Organizaciones no gubernamentales (ONG).** La comunidad de ONG varía de defensores del verde (la mayoría de las ONG de medio ambiente tienen un programa de trabajo sobre energía y cambio climático), a las ONG centradas específicamente en materia de energía, hasta los grupos de interés de los consumidores. Ejemplos de ello son el Consejo Mundial de Energía, el Consejo Mundial de Energías Renovables, el Consejo Mundial de Energía Eólica y la Red Internacional para la Energía Sostenible.

h. **La comunidad de investigación.** Este grupo incluye una amplia variedad de actores, que van desde la investigación fundamental en las universidades, a la investigación aplicada para el desarrollo de la tecnología, específicamente para fines comerciales.

i. **El sector privado.** Se incluyen las empresas que participan en el suministro de energía (agua, electricidad, y que cada vez más aumentan su presencia en diversos países), suministro de tecnología e investigación y desarrollo (I+D). También se incluyen grupos como asociaciones de la industria (por ejemplo, Eurelectric) y el Consejo Empresarial Mundial sobre el Desarrollo Sostenible.

También se debe considerar que, además de los aspectos medioambientales y de costo de la energía fósil, muchos países importadores de energía fósil están implementando programas de producción y uso de biocombustibles, como una forma de garantizar la soberanía energética (el máximo de producción doméstica de la energía consumida) o de seguridad energética (diversificación de fuentes de energía y de su fornecimiento). Estos movimientos cambiarán las relaciones geopolíticas y de poder a nivel regional o global.

Una de las externalidades será el crecimiento de la importancia de los países exportadores de energía renovable, en especial de biocombustibles y la disminución relativa de la importancia de los países exportadores de energía fósil. Igualmente, el post-Kyoto también tendrá la potestad de incentivar cambios importantes en las relaciones geopolíticas, por la necesidad de reducir las emisiones y por el incentivo a la producción de energía renovable.

En su esfuerzo para incentivar la producción y uso doméstico de energía renovable, 60 países han implementado diversos tipos de políticas públicas. De estos, 23 son considerados emergentes y diez pertenecen a ALC. En el Cuadro 37 se sintetizan las principales políticas públicas en vigencia en los 60 países, y se destaca el número de países que las adoptan.

**Cuadro 37. Tipos de políticas públicas adoptadas para incentivar el uso de biocombustibles.**

Tipo de política pública	Países
Tarifas o premios garantizados	40
Subsidios de capital o reintegro	36
Créditos a la inversión	31
Reducción de impuestos	25
Préstamos, inversión pública o financiamiento	24
Certificados negociables de energía renovable	18
Licitación pública competitiva	11
Objetivos cuantitativos (RPS)	10
Medición / facturación neta	9

Fuente: OCDE / REN21.



## 7. Conclusiones y recomendaciones

**E**xisten muchas oportunidades para el crecimiento de los biocombustibles en ALC. Algunos países de la región ya han iniciado este proceso y se encuentran en diversas etapas de desarrollo de los biocombustibles en diferentes segmentos del mercado.

Brasil es el país más avanzado, por la sustitución de 55% de la gasolina por etanol y 3% de diesel por biodiesel. También hay otros ejemplos importantes, como el caso de Guatemala, con un gran potencial para la producción de etanol como el mayor productor de azúcar en América Central. El país cultiva 197 mil hectáreas de caña de azúcar y su industria azucarera representó US\$500 millones en divisas en 2005. Asimismo, Guatemala ocupa el quinto lugar en términos de los exportadores mundiales de azúcar (72% de su producción)

Jamaica, por su parte, también posee un gran potencial para ampliar la producción y la exportación de etanol, con aproximadamente 347 millones de litros. Su plan es expandir la producción hasta un adicional de 220 millones de litros. Mientras la atención se ha dirigido a la deshidratación y re-exportación de etanol brasileño para el mercado de los EE.UU., este país produjo 2,1 millones de toneladas de caña de azúcar a partir de 48 000 hectáreas en el 2004 y tiene potencial para producir biodiesel de ricino, un cultivo que crece de manera silvestre en la isla.

Otro ejemplo es Colombia, que exhibe un gran potencial para la producción de biodiesel y que podría servir como un ejemplo para otros países de la región. Colombia es el quinto mayor

productor y exportador de aceite de palma en el mundo y es cuarto en términos de rendimiento por hectárea. Este país cuenta con 190 mil hectáreas plantadas y un plan nacional que requiere el cultivo de 640 000 ha adicionales para el año 2020.

Honduras tiene un plan similar para una plantación adicional de 200 000 ha de palma africana, con el fin de complementar las 84 000 ha cultivadas actualmente. A diferencia de Colombia, que cuenta con un sólido y amplio marco regulador para la producción de biocombustibles, Honduras y otros países interesados en la producción de biocombustibles requieren de un sistema legal que respalde esta labor.

Además de su capacidad de producción y el futuro potencial de producción, estos países, al igual que varios otros de la región, tienen acceso al mercado de los EE.UU. a través de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe y el Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos de América (CAFTA). Estos incentivos de mercado, junto con la necesidad de reducir la dependencia de las importaciones de petróleo y mitigar las consecuencias ambientales de un exceso de emisiones de carbono, han contribuido a la unidad regional de los objetivos de desarrollo de biocombustibles.

Del mismo modo, México, con su proximidad a Estados Unidos y el libre acceso al mercado de los EE.UU. bajo el TLC, tiene fuertes incentivos para la producción de biocombustibles que refuerzan la necesidad de reducir la contaminación del aire, promover el desarrollo rural

y reducir el impacto de la disminución de sus reservas de petróleo.

Sin embargo, países como Chile y algunos del Caribe parecen tener pocas perspectivas de producción de biocombustibles, debido a restricciones de tierra y falta de materia prima disponible, pero poseen un gran potencial para la segunda generación de la producción de etanol por su capacidad de producción maderera. Las virutas de madera representan el tercer rubro más grande de exportación del Chile, las cuales se envían a 86 países, entre ellos a EE.UU., Japón y Europa. Estos no son, por supuesto, los únicos países promisorios en la región con potencial para la segunda generación de biocombustibles, pero sí ilustran la variedad de proyectos y la diversidad de fortalezas regionales.

La región presenta muchas asimetrías en el tema de biocombustibles. Además de Brasil, solo cinco países, todos ubicados en América del Sur, cuentan con un coherente plan nacional de biocombustibles. En 11 países de ALC, existen reglamentos o algún tipo de incentivos fiscales para la producción. En otros cuatro países, la legislación aún se encuentra en discusión. En general, estos países se encuentran en distintas etapas de desarrollo de la producción de biocombustibles, desde Brasil y Colombia, donde existe una regulación exhaustiva, hasta Trinidad y Tobago, que se deshidrata y re-exporta etanol, aunque este país carece de un marco nacional vigente.

En los países donde no se dispone de un sistema para la producción de biocombustibles, se debería aprovechar la experiencia y la colaboración de los países más avanzados, ya sea en el tema reglamentario o a través de asistencia técnica para la producción.

De acuerdo con datos publicados por la prensa internacional, se puede verificar que muchos países de ALC enfrentan problemas por poderosos grupos de presión en la industria de azúcar y del aceite, y por la carencia de políticas

públicas que regulen este sector de la producción. En América Central, por ejemplo en el Salvador, se discuten y demandan garantías de precios para la producción de etanol. En Guatemala, por su parte, los importadores de petróleo resisten ferozmente el desarrollo de un sector de biocombustibles. Estos países necesitan asistencia para impulsar soluciones integradoras con compromisos reales de una política de producción sostenible de biocombustibles.

En varios de los países del Caribe, como la República Dominicana, Jamaica, Cuba y Trinidad, o la Guyana en América del Sur, el envejecimiento y la ineficacia de las industrias de azúcar requieren una infusión de capital y renovación de la infraestructura y de los sistemas para satisfacer la demanda potencial de biocombustibles. La asistencia técnica de los países con liderazgo político y técnico regional sería útil en la promoción del desarrollo de la producción y utilización de biocombustibles.

A medida que los países aumenten su producción y el consumo de biocombustibles, tendrán que aumentar su capacidad de procesamiento, almacenamiento, mezcla, distribución y puntos de venta al consumidor. Esto podría requerir líneas de financiamiento para la tierra y la adquisición de equipo. Debido a la diversidad de los problemas en cada país, hay que buscar soluciones locales, sea por inversión gubernamental, por financiación externa, por inversión privada o por concesiones público-privadas.

El desarrollo de la infraestructura lamentablemente constituye un gran obstáculo para implementar la producción y uso de los biocombustibles en larga escala en algunas partes de la región. Conforme las industrias crecen, las necesidades de infraestructura se manifiestan e incluyen la inversión en almacenamiento de tanques, flotas de buques cisterna y de transporte para su distribución.

Con los aumentos de la producción, aumentan los niveles de mezcla, en particular con

el uso de la tecnología de segunda generación. Para ello se requiere un esfuerzo concentrado en las infraestructuras de transporte estratégico, que debe incluir gasoductos, los cuales son medios de transporte de combustible más eficientes para grandes cantidades. La infraestructura portuaria, las terminales y los servicios de almacenamiento serán fundamentales para garantizar la competitividad de las exportaciones.

Igualmente, existe la necesidad de promover el avance tecnológico y la capacitación laboral para apoyar el desarrollo de la competitividad y la producción eficiente de los biocombustibles en toda la región. Además de apoyar la capacidad de innovación local, los países de la región se beneficiarían de los esfuerzos de colaboración en I+D y transferencia de tecnología, tanto localmente como a nivel mundial.

Los proyectos destinados a eliminar el obstáculo de la innovación y los avances tecnológicos podrían incluir:

- La promoción de la capacitación técnica y la educación superior, así como la programación y mejoramiento estructural del sistema educativo, en relación con el tema de los biocombustibles.
- El fomento de los vínculos entre las comunidades empresarial y académica para aumentar la financiación del sector privado en actividades de I+D y apoyar el diseño de programas educativos para adaptarse a las necesidades de la industria.
- El desarrollo de programas internacionales de intercambio para estudiantes, profesores y académicos especializados en las diversas ciencias y campos relacionados con la ingeniería de los biocarburantes.
- El suministro de becas para los estudiantes que deseen concentrarse en la ciencia y la ingeniería de los biocombustibles o para financiar el esfuerzo de I+D en los diferentes

nodos de desarrollo de los biocarburantes dirigidos por profesores e investigadores académicos.

Las iniciativas en estos ámbitos de actuación contribuirán a apoyar la viabilidad a largo plazo de la producción y utilización de biocombustibles en la región. En particular, la colaboración regional será clave en la agilización de los desarrollos innovadores mediante el intercambio de conocimientos y, en algunos casos, la reducción de los costos por compartir los esfuerzos de I+D.

## 7.1 Conclusiones

- a. La energía renovable representa el futuro de la energía en términos globales, en una visión de largo plazo.
- b. ALC posee una multitud de ventajas comparativas para la producción y aprovechamiento de energía renovable, como los cursos de agua, la disponibilidad de tierra arable, las regiones de viento constante, la irradiación solar, la diversidad de climas propicios, la disponibilidad de mano de obra y el carácter emprendedor de sus empresarios. El gran reto es la transformación de las ventajas comparativas en competitivas, lo que favorecerá el desarrollo nacional y regional.
- c. En el contexto de la energía renovable, existe una ventana de oportunidades de aproximadamente 40 años, donde los biocombustibles serán los protagonistas por la tecnología madura, la experiencia acumulada y la logística de utilización de combustibles líquidos, aunque fósiles.
- d. No es posible vislumbrar conflictos entre la producción de alimentos, fibras y otros productos agrícolas y la producción de energía, en vista de la elevada disponibilidad del área agrícola, los incrementos en la productividad y otras mejoras tecnológicas en las cadenas agro-industriales. Asimismo, el

tema debe ser tratado de forma transversal en todas las políticas públicas, para asegurar el equilibrio entre el incentivo a la producción de biocombustibles y la oferta de alimentos.

- e. Debido al bajo consumo de combustibles líquidos en la región y a la alta densidad energética de algunas materias primas (por ejemplo, palma africana y caña de azúcar), la demanda de área para la agricultura de energía será muy pequeña, comparativamente con el área cultivada total (cerca de 2%-3%), lo que significa que el riesgo de concentración de la propiedad de la tierra o de monocultivos extensivos podría ser minimizada. Mientras, no se puede olvidar que esto puede ser un problema en algunas regiones o en condiciones específicas. Por tal motivo, se deben implementar políticas públicas para evitar el problema y realizar estudios constantes para evaluar el tema.
- f. Igualmente, se debe tomar en cuenta la gran oportunidad de enfrentar temas sociales como el empleo, la renta y el desarrollo rural a través de la producción de energía, lo cual debe constituir un eje transversal en todas las políticas públicas.
- g. La sostenibilidad de los sistemas energéticos dependerá, en gran medida, de los avances tecnológicos. Por tal razón, hay que soportar fuertemente la investigación y el desarrollo tecnológico, así como la transferencia de tecnología, la educación, la capacitación y la cooperación científica. En especial, hay que tener presente que actualmente se vive la primera generación de biocombustibles. Por lo tanto, solo la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la frontera de la ciencia podrán garantizar que las ventajas comparativas de ALC se transformen en ventajas competitivas y promuevan el desarrollo económico y social de la región.
- h. En algunos países, quizás haya problemas para atender la demanda interna de

biocombustibles y se exijan arreglos regionales para soportar las iniciativas de seguridad energética, en el marco de esquemas comerciales regionales integrados.

- i. Los países deberán promover estudios profundos acerca de su vocación, organización, políticas e infraestructura necesaria para conferir sostenibilidad a las cadenas de biocombustibles.
- j. Igualmente, los países deberán organizarse para adecuar las políticas comerciales regionales y los esfuerzos exportadores para garantizar el *market share* regional en el mercado internacional de biocombustibles.
- k. No se puede olvidar que, entre todas las razones para la utilización intensiva de los biocombustibles, el tema ambiental probablemente es el más importante y, como tal, debe ser considerado en toda su extensión dentro de las políticas públicas.
- l. Igualmente, se debe considerar la oportunidad económica que brinda utilización de los programas de biocombustibles para ingresar en el mercado de los bonos de carbono (mecanismo de desarrollo limpio) o cualquier otro que se presente en las negociaciones post-Kyoto.
- m. Los órganos y foros regionales, sean de desarrollo, financiación, cooperación, comerciales o de otro orden, deberán ser accionados frecuentemente como forma de integración regional en el marco del aprovechamiento de la oportunidad ofrecida por el negocio de biocombustibles.

## 7.2 Recomendaciones para la implementación de un programa sostenible de producción de biocombustibles en ALC

- a. Efectuar los estudios básicos para determinar la demanda real de cada país, con base en un cronograma de sustitución de

- combustibles fósiles que sea factible en el mediano y largo plazo.
- b. Identificar la vocación de cada país para producir biocombustibles en sustitución de los combustibles fósiles, a partir de materias primas con alta densidad energética y elevado balance positivo de energía, que presenten bajo costo, alta disponibilidad y bajo riesgo de producción, en particular sin conflictos con la producción de alimentos u otros productos de la agricultura.
  - c. Identificar las oportunidades de producción de excedentes para la exportación.
  - d. Organizar, la producción interna con bases científicas sólidas, a través de los institutos de investigación y universidades, y proveer las herramientas básicas de políticas agrícolas, como crédito suficiente, tasas de interés y plazos adecuados, asistencia técnica, seguro agrícola, logística, energía, comunicaciones y otros requisitos para producir y acopiar la biomasa en las plantas procesadoras.
  - e. Implementar políticas adecuadas de incentivo, como los mandatos de mezclas, la garantía de los contratos, el incentivo a la agricultura familiar, e impedir la concentración de la propiedad de la tierra y la diversificación para evitar monocultivos. Además, configurar la estructura legal y la consecuente fiscalización de la calidad de los biocombustibles producidos.
  - f. Efectuar los estudios necesarios para identificar otras políticas públicas (fiscales, de rentas, ambientales, energéticas, agrarias) necesarias para implementar la producción y el uso de biocombustibles y permitir que el negocio avance hasta su sostenibilidad.
  - g. Promover el incentivo a los empresarios privados para construir y operar las plantas productoras de biocombustibles y la logística para su distribución.
  - h. Organizar instrumentos e instituciones regionales para respaldar la oferta de biocombustibles para los países con baja capacidad de producción y la exportación fuera de la región, además de promover: la transferencia de tecnología y la asistencia técnica en las fases agronómica e industrial, la formación de redes de investigación para garantizar la sostenibilidad del negocio, la configuración de políticas y mecanismos supra-nacionales de exportación con atención a las especificaciones de los mercados importadores para lograr una escala adecuada, la organización de foros regionales para la defensa de los intereses de los países de ALC en el mercado internacional y la formulación de políticas energéticas y medioambientales.
  - i. Brindar especial atención al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) como apoyo al desarrollo de proyectos de biocombustibles, incluida la prestación de asistencia técnica y el establecimiento de normas relacionadas con el marco de Kyoto, más allá del período de compromiso del Protocolo, como el post-Kyoto.



## Literatura consultada

- Acosta, A. 2005. El gran desafío. Cartagena, CO, Federación Nacional de Biocombustibles.
- ABARE (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics). 2008. *Australian commodities*. Disponible en [http://www.abare.gov.au/publications\\_html/ac/ac\\_08/ac\\_march08.pdf](http://www.abare.gov.au/publications_html/ac/ac_08/ac_march08.pdf)
- ACORE (American Council on Renewable Energy). 2004. *Renewable Energy Finance & Investment Network (REFIN)*. Washington, US, ACORE.
- Alley, R; Berntsen, T; Bindoff, NL; Chen, Z; Chidthaisong, A. 2007. *Climate change: The physical science basis* (IPCC WGI Fourth Assessment Report). Ginebra, CH, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).
- Asociación de Azucareros de Guatemala. 2006. Disponible en <http://www.azucar.com.gt/Olquenessomos3.htm>.
- Asociación de Productores de Azúcar de Honduras. 2006. Disponible en <http://www.apah.hn>
- Baffes, J. 1997. *Explaining Stationary Variable with Non-stationary Regressors*. *Applied Economics Letters*, 4:69-75.
- Banco Mundial. 2008. *Data & statistics*. Disponible en <http://econ.worldbank.org>.
- Banco de Canadá. Disponible en <http://www.bankofcanada.ca/en/rates/exchform.html>
- Bentley, RW. 2002. *Global oil & Gas Depletion: An overview*. *Energy Policy* 30:189-205.
- Bodley, R; Soares, LHB; Alves, JRA; Urquiaga, S. 2008. *Bio-Ethanol Production in Brazil*. Ed. D Pimentel. Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems. Chapter 14: 323-358. Springer Science+Business Media B. V.
- Bot, AJ; Nachtergaele, FO; Young, A. 2008. *Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels*. Rome, IT, Land and Water Development Division, FAO. World Soil Resources Report 90.
- BP (Beyond Petroleum). 2005. *Putting Energy in the Spotlight: BP Statistical Review of World Energy*. London, BP.
- \_\_\_\_\_. 2006. *BP Statistical Review of World Energy*. London. Disponible en [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview).
- \_\_\_\_\_. 2008. *BP Statistical Review of World Energy*. Disponible en <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2006. *Energy, Industrial Development, Air Pollution and the Atmosphere and Climate Change in the Latin American and Caribbean Region: New Policies, Lessons Learned, Best Practices and Opportunities for Horizontal Cooperation*. Comisión sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Disponible en [http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/eclac\\_E.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/documents/eclac_E.pdf).
- Collins, K. 2008. *The Role of Biofuels and Other Factors in Increasing Farm and Food Prices: A Review of Recent Development with a Focus on Feed Grain Markets and Market Prospects*. Disponible en <http://www.thebioenergysite.com/articles/90/the-role-of-biofuels-and-other-factors-in-increasing-farm-and-food-prices>

- Cortez, LAB; Griffin, MW; Scaramucci, JA; Scandiffio, MIG; Braúnbeck, OA. 2003. *Considerations on the worldwide use of bioethanol as a contribution for sustainability*. Management of environmental quality 14(4):508-519.
- Coviello, M. 2008. Entorno internacional y oportunidades para el desarrollo de las fuentes renovables de energía en los países de ALC. Recursos Naturales e Infraestructura, Serie 63, CEPAL. Disponible en [http://www.centroamerica.tv/es/entorno\\_internacional\\_y\\_oportunidades\\_para\\_el\\_desarrollo\\_de\\_las\\_fuentes\\_renovables\\_de\\_energ%C3%AD\\_en\\_](http://www.centroamerica.tv/es/entorno_internacional_y_oportunidades_para_el_desarrollo_de_las_fuentes_renovables_de_energ%C3%AD_en_)
- \_\_\_\_\_; Altomonte, H. 2003. *Energy Sustainability in Latin America and the Caribbean: The Share of Renewable Sources*. CEPLAC. Disponible en <http://www.eclac.cl/publicaciones/RecursosNaturales/6/LCL1966PI/Lcl.1966i.pdf>
- Dantas, I. 2001. *Comercio internacional, segurança alimentar e agricultura familiar*. Action Aid Brasil, 2001.132 p. Disponible en [www.actionaid.org.br/Portals/0/comercio\\_internacional\\_agricultura\\_familiar.pdf](http://www.actionaid.org.br/Portals/0/comercio_internacional_agricultura_familiar.pdf)
- DiPardo, J. 2006. *Outlook for Biomass Ethanol Production and Demand*. Energy Information Administration. Disponible em <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html>.
- DuPont; BP. (s.f.). *Biobutanol fact sheet*. Wilmington, Disponible en: [http://www.dupont.com/ag/news/releases/BP\\_DuPont\\_Fact\\_Sheet\\_Biobutanol.pdf](http://www.dupont.com/ag/news/releases/BP_DuPont_Fact_Sheet_Biobutanol.pdf).
- Ethanol Producer Magazine. 2005. *Valley research, North American bioproducts partner*. Ethanol Producer Magazine, August Issue.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. *Crop prospects and food situation*. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/ai470e/ai470e09.htm>
- \_\_\_\_\_. 2008b. *Growing demand on agriculture and rising prices of commodities*. Disponible en <http://www.ifad.org/events/gc/31/roundtable/food.pdf>
- FAPRI (Instituto para la Investigación en Política Alimentaria y Agropecuaria), 2008a. *The Energy Independence Act of 2007: Preliminary Evaluations of Selected Provision*. Disponible en [http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2008/FAPRI\\_MU\\_Report\\_01\\_08.pdf](http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2008/FAPRI_MU_Report_01_08.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2008b. *US Baseline Briefing Book*. Disponible en [http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2008/FAPRI\\_MU\\_Report\\_03\\_08.pdf](http://www.fapri.missouri.edu/outreach/publications/2008/FAPRI_MU_Report_03_08.pdf)
- Fischer Tropsch (s.f.). Fischer-Tropsch archive. Disponible en <http://www.fischer-tropsch.org/>.
- FMI (Fondo Monetario Internacional). 2008. *World Economic Outlook Database*.
- Galvez, A. 2005. *Analyzing cold enzyme starch hydrolysis technology in new ethanol plant design*. Ethanol Producer Magazine, January.
- Gazzoni, DL; Felici, PHN; Coronato, RMS; Ralisch, R. 2005. *Sunflower and Soybean Energy Balance for Biodiesel Production – Biomassa, Energia*, 2(4): 259-265.
- \_\_\_\_\_; Borges, JLB; Ávila, MT; Felici, PHN; Ralisch, R. 2008. *Balanco energético na cultura de canola para a produção de biodiesel*. Uberlândia, BR, Congresso Brasileiro de Agroenergia e Simpósio Internacional de Biocombustível.
- Gilbert, C. 1989. *The Impact of exchange rate changes and developing country debt on commodity prices*. Economic Journal, 99:773-784.
- Global Subsidies Initiative. 2008. *International Institute for Sustainable Development*, Ginebra, CH. Disponible en <http://www.globalsubsidies.org/en/research/biofuel-subsidies>.
- Graham, RL. 1994. *An analysis of the potential land base for energy crops in the conterminous United States*. Biomass and Bioenergy 6(3), 175-189.

- Hadder, GR. 2000. *Ethanol demand in United States: Regional production of oxygenate-limited gasoline*. Tennessee, US, Center for Transportation Analysis, Oak Ridge National Laboratory (Report ORNL/TM-2000/165).
- Hess, JR; Kenney, KL; Laney, P; Muth, DJ; Pryfogle, P; Radtke, C. 2006. *Biomass resource feedstock supply*. Idaho Falls, ID, Idaho National Laboratory.
- Himmel, ME; Ding, SY; Johnson, DK; Adney, WS; Nimlos, MR; Brady, JW. 2007. *Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production*. *Science* 315, 804-807.
- Holtzapfle, MT; Davison, RR; Ross, MK; Aldrett Lee, S; Nagwani, M; Lee, CM. 1999. *Biomass conversion to mixed alcohol fuels using the MixAlco process*. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 79(1-3), 609-31.
- Horta Nogueira, LA. 2008. *O ciclo do etanol*. Disponible en [http://veja.abril.uol.com.br/190308/popup\\_energia.html](http://veja.abril.uol.com.br/190308/popup_energia.html).
- IEA. 2007. *Key World Energy Statistic*. International Energy Agency. p. 6 Disponible en [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/Key\\_Stats\\_2007.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/Key_Stats_2007.pdf)
- International Grains Council. 2007. *Grain Market Indicators*.
- Instituto Mundial de Recursos. Disponible en <http://earthtrends.wri.org/>
- Jessen, H. 2006. *Expanding fractionation horizons from food to fuel*. *Ethanol Producer Magazine*.
- Jones, AD; O'Hare, M; Kammen, DM. 2006. *Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals*. *Science* 311:506-508.
- Kavalov, B; Petevs, SD. 2005. *Status and perspectives of biomass-to-liquid fuels in the European Union* (Report EUR 21745 EN). Petten, The Netherlands, European Commission, Joint Research Centre.
- Knothe, G. 2006. *Biodiesel and vegetable oil fuels: Then and now*. Paper presented at the 97th American Oil Chemists Society Annual Meeting, St. Louis, MO.
- Knothe, G.; Steidley, KR. 2005. *Lubricity of components of biodiesel and petrodiesel: The origin of biodiesel lubricity*. *Energy and Fuels*, 19:1192-1200.
- Kotrba, R. 2006. *Everything under the Sun. Biodiesel Magazine*. Disponible en [http://biodieselmagazine.com/article.jsp?article\\_id=710&q=&category\\_id=13](http://biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=710&q=&category_id=13).
- Lazear, E. 2008. *White House Disputes Role of Biofuels in Food Prices*. Associated Press.
- McLaren, JS. 2005. *Crop biotechnology provides an opportunity to develop a sustainable future*. *Trends in Biotech* 23: 339-342.
- \_\_\_\_\_. 2006. *A global perspective*. In *Products from plants—The biorefinery future* (Report of the EPOBIO Workshop). Wageningen, Países Bajos, National Biodiesel Board. p. 7-9. Disponible en <http://www.biodiesel.org/>.
- \_\_\_\_\_. 2008. *The Economic Realities, Sustainable Opportunities, and Technical Promises of Biofuels*. *AgBioForum* 11(1): 8-20.
- Ministerio de Minas y Energía. 2006. *UPME lanza estrategia para promover el uso racional de energía en el sector transporte*. CO, Boletín mensual minero energético 71:1-11.
- Mitchell, D. 2008. *A Note on Rising Food Prices - policy research working paper 4682*. 20 p. Disponible en <http://econ.worldbank.org>.
- Mitchell, D. 2007. *The Case for Higher Grain Prices*. Disponible en [http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2008/07/28/000020439\\_20080728103002/Rendered/PDF/WP4682.pdf](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2008/07/28/000020439_20080728103002/Rendered/PDF/WP4682.pdf)
- Mittal, A. 2008. *Food Price Crisis: Rethinking Food Security Policies*. Intergovernmental Group of Twenty – four, USDA. Disponible en [www.g24.org/mitta0908.pdf](http://www.g24.org/mitta0908.pdf)

- NBB (National Biodiesel Board). 2008. Biodiesel. Disponible en <http://www.biodiesel.org/>
- NREL/SR . 1998. *Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus*. US, USDA y Departamento de Energía (NREL/SR-580-24089 UC Category 1503). Disponible en [http://www.biodiesel.org/resources/reports\\_database/reports/gen/19980501\\_gen-339.pdf](http://www.biodiesel.org/resources/reports_database/reports/gen/19980501_gen-339.pdf)
- OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. *Agricultural Outlook 2007-2016*. Disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/6/10/38893266.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2008. *Economic Assessment Of Biofuel Support Policies*. Disponible en [http://www.oecd.org/document/30/0,3343,en\\_2649\\_33785\\_41211998\\_1\\_1\\_1\\_37401,00.html](http://www.oecd.org/document/30/0,3343,en_2649_33785_41211998_1_1_1_37401,00.html)
- \_\_\_\_\_. *Statistics Portal 2008*. Disponible en [www.oecd.org/dataoecd/50/17/5037721.htm](http://www.oecd.org/dataoecd/50/17/5037721.htm)
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía); SIEE (Sistema de Información Económica Energética). 2005. Disponible en [http://www.olade.org.ec/documentos/informe\\_de\\_estadisticas\\_energeticas.zip](http://www.olade.org.ec/documentos/informe_de_estadisticas_energeticas.zip)
- OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo). 2008. *World Oil Outlook*. Disponible en [www.opec.org](http://www.opec.org)
- Perlack, RD; Wright, LL; Turhollow, AF; Graham, RL; Stokes, BJ; Erbach, DC. 2005. *Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The technical Feasibility of a Billion-ton Annual Supply* (DOE/GO-102005-2135). US DOE, Oak Ridge.
- Population Reference Bureau. 2007. *World Population Data Shee*. Washington DC. Disponible en <http://d.scribd.com/docs/29vxcwzv4abto1pqt70.pdf>
- Potera, C. 2006. *Transportation/Fuels: Souped-Up Yeast. Environmental Health Perspectives*, 113, A231.
- Ramey, D; Yang, ST. 2004. *Production of butyric acid and butanol from biomass* (Final Report Contract No. DE-F-G02-00ER86106). Morgantown, WV: US DOE.
- Razo, C; Astete Miller, S; Saucedo, A; Ludeña, C. 2007. *Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina..* Santiago, CL, CEPAL. 47 p. (Serie Desarrollo Productivo 178)
- REN21. 2008. *Renewables 2007: Global Status Report*. Disponible en [http://www.ren21.org/pdf/RE2007\\_Global\\_Status\\_Report.pdf](http://www.ren21.org/pdf/RE2007_Global_Status_Report.pdf)
- Renessen (s.f.) *Renessen technology approach*. Disponible en [http://www.renessen.com/en\\_index.asp](http://www.renessen.com/en_index.asp).
- Renewable Fuels Association (s.f.). Disponible en <http://www.ethanolrfa.org/>.
- Sheehan, J. 1998. *A look back at the U.S. Department of Energy's aquatic species program – Biodiesel from algae* (Report NREL/TP-580-24190). Golden, CO: US DOE National Renewable Energy Laboratory.
- Sumner, D. 2008. *The Concise Encyclopedia of Economics: Agricultural Subsidy Programs*. Disponible en <http://www.econlib.org/library/Enc/AgriculturalSubsidyPrograms.html>
- United States Geological Survey. 2000. *World Petroleum Assessment*.
- US Bureau of Labor Statistics, Consumer Prices. 2008. Disponible en <http://www.bls.gov/>
- US DOE (Departamento de Educación de Estados Unidos). *Energy Efficiency and Renewable Energy. (n.d.A). Hydrogen, fuels cells & infrastructure technologies program*. Disponible en <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/index.html>.
- \_\_\_\_\_. (s.f.) *Energy Efficiency and Renewable Energy. EERE biomass program*. Washington, DC, US. Disponible en <http://www1.eere.energy.gov/biomass/>.

- \_\_\_\_\_. 2005a. *Energy Information Administration. Annual energy review* (Report DOE/EIA-0384). Washington, DC, US.
- \_\_\_\_\_. 2005b. *Energy Information Administration. Emissions of greenhouse gases in the United States* (Report DOE/EIA-0573). Washington, DC, US.
- US White House. 2007. *Fact sheet: Twenty in ten: Powering large vehicle fleets with alternative fuels*. Washington, DC. Disponible en <http://www.whitehouse.gov/news/releases/2007/03/20070327-3.html>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). 2006a. *Foreign Agricultural Service (FAS). Brazil biofuels annual 2006* (GAIN Report BR6008). Washington, DC.
- \_\_\_\_\_. 2006b. *GAIN Thailand Grain and Feed Report Intervention Policy Overhauled*. Disponible en <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200611/146249481.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2007. *Grain: World Markets and Trade*.
- \_\_\_\_\_. 2008a. *Agricultural Projections to 2017*. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/Publications/OCE081/OCE20081.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2008b. *Cost-of-Production Forecasts, Data Sets*. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/Data/CostsAndReturns/>
- \_\_\_\_\_. 2008c. *GAIN report, Grain and feed annual report*. Disponible en <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200802/146293727.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2008d. *Grain and Oilseeds Outlook. Agricultural Outlook Forum*. Disponible en <http://www.usda.gov/oce/forum/2008Speeches/Commodity/GrainsandOilseeds.pdf>
- \_\_\_\_\_. 2008e. *Grain: World Markets and Trade*. Disponible en <http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2008/03-08/graintoc.asp>
- \_\_\_\_\_. 2008f. *PS&D Online Database*. Disponible en <http://www.fas.usda.gov/psdonline/>
- \_\_\_\_\_. 2008g. *Oilseeds: World Markets and Trade*. Disponible en <http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/Current.asp>
- \_\_\_\_\_. 2008h. *Real Monthly Commodity Exchange Rates, Macroeconomic Briefing Room*. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/Data/ExchangeRates/>
- \_\_\_\_\_. 2008i. *Agricultural Marketing Service (AMS)*. Disponible en [www.ams.usda.gov](http://www.ams.usda.gov)
- Mensbrugge, D van der 2006. *Linkage Technical Reference Document*. Washington, DC, US, Banco Mundial, Global Development Finance 2007. Disponible en <http://www.worldbank.org/prospects>
- Braún, J von 2007. *The World Food Situation: New Driving Forces and Required Actions*. IFPRI. Disponible en <http://www.ifpri.org/pubs/fpr/pr18.pdf>
- World Energy Council. 2008. *Group Scenarios 2050 – Latin America and Caribbean Preliminary Report*. Disponible en <http://www.worldenergy.org/documents/scenarioslac.pdf>
- Wu, X; Zhao, R; Bean, SR; Seib, PA; McLaren, JS; Madl, RL. 2007. *Factors impacting ethanol production from grain sorghum in the dry-grind process*. *Cereal Chemistry*, 84(2), 130-136.
- Wyatt, VT; Hess, MA; Foglia, TA; Haas, MJ; Marmer, WN. 2005. *Fuel properties and NOx emission levels of biodiesel fuels produced from animal fats* [abstract]. Paper presented at the 96th Annual Meeting of the American Oil Chemists' Society, Salt Lake City, UT.



### Anexo 1. Notas explicativas sobre la metodología utilizada para los cálculos de demanda de alimentos y biocombustibles.

Para los cálculos de demanda de alimentos y biocombustibles, se utilizó un modelo matemático de integración de datos, en el que se estima la demanda de cada alimento o de cada combustible, para cada año, con base en proyecciones y tablas fijas. Las principales variables utilizadas fueron:

- a. Crecimiento poblacional de ALC y, siempre disponible o necesario, de cada país en particular. Para ello se utilizaron los datos disponibles en la ONU (*Population Reference Bureau* - [www.prb.org](http://www.prb.org)) y de la FAO, disponible en la base estadística de la FAOSTAT (<http://faostat.fao.org/>).
- b. Esperanza de vida para ALC, disponible en la base de datos de *US Census Bureau* y en el FMI, *World Economic Outlook Database* (<http://www.docstoc.com/docs/1784595/International-Monetary-Fund-World-Economic-Outlook-October-2008>). La esperanza de vida tiene a ver con el cambio del hábito alimentario y el perfil de uso de combustibles.
- c. Población urbana y rural, disponible en el FMI, *World Economic Outlook Database* (<http://www.docstoc.com/docs/1784595/International-Monetary-Fund-World-Economic-Outlook-October-2008>) y en *UN Population Division, World Urbanization Prospects 2007*, disponible en <http://esa.un.org/unup/>. La tasa de urbanización de la población tiene a ver con cambios en los hábitos alimentarios y la demanda de biocombustibles.
- d. Evolución del PIB de ALC, estimado en valores variables entre 4% y 6% para los próximos 20 años, donde se considera el valor razonable más elevado para presionar la demanda de alimentos y biocombustibles.
- e. Tasa de inflación con valores alrededor de 4% al año, como forma de obtener una creciente distribución de renta, disminuir la pobreza y presionar la demanda de alimentos y biocombustibles.
- f. La demanda de leña para cocinar fue considerada como un valor fijo de 0,5t leña/año. Para el 2010 se consideró que 22% de la población de ALC (132 millones de habitantes - *World Energy Outlook 2006*) utilizaría leña para cocinar, mientras que solamente el 12% (88 millones de habitantes) utilizaría leña para cocinar en el 2030, según las proyecciones contenidas en la *UN Population Division, World Urbanization Prospects 2007*.
- g. Para establecer la demanda de área de cultivo de cada alimento, se consideró, como

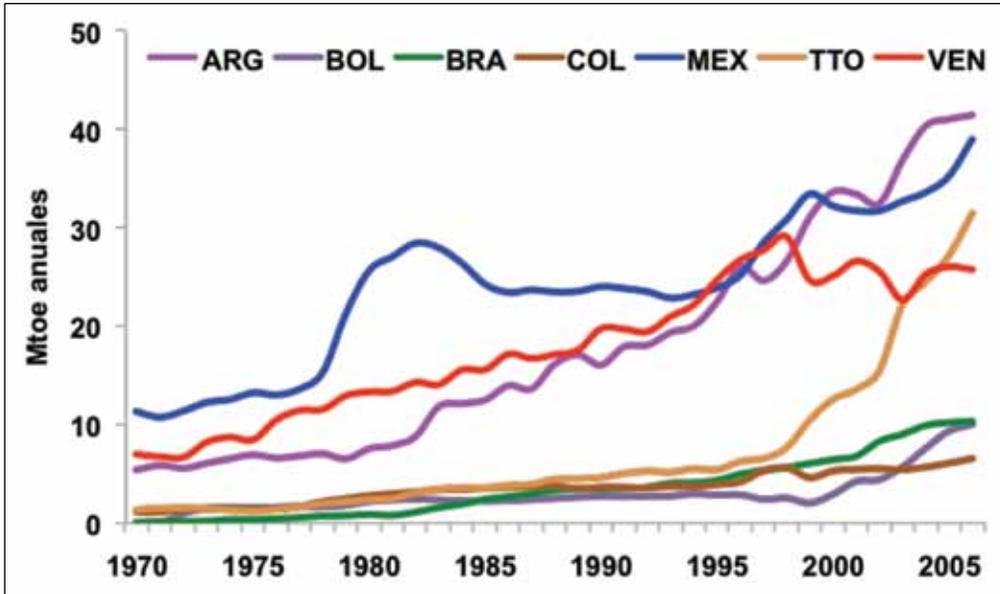
- promedio, un incremento geométrico de 1,5% en la productividad del cultivo.
- h. También se consideró el incremento de la demanda per cápita, de 1% al año, como resultado de la inclusión social (renta per cápita más elevada) y los incrementos poblacionales.
  - i. Para establecer la demanda de frijol, se consideraron como factores de incremento de la demanda de área, el crecimiento poblacional, todavía modulado por la disminución del consumo per cápita (urbanización y cambio de hábitos).
  - j. Para productos de presión exportadora, en especial maíz y soya, se consideró un incremento de la producción equivalente a 4,5% al año, para suplir los mercados domésticos e internacional, por el incremento de la demanda general y la disminución de la participación de EE.UU. en los mercados exportadores.
  - k. Para el algodón, se consideró la hipótesis de un cambio en el hábito de los consumidores, debido a la presión de disminuir el uso de productos sintéticos por una demanda más elevada de fibras naturales.

**Anexo 2. Principales restricciones físico-químicas de los suelos de los países de ALC.**

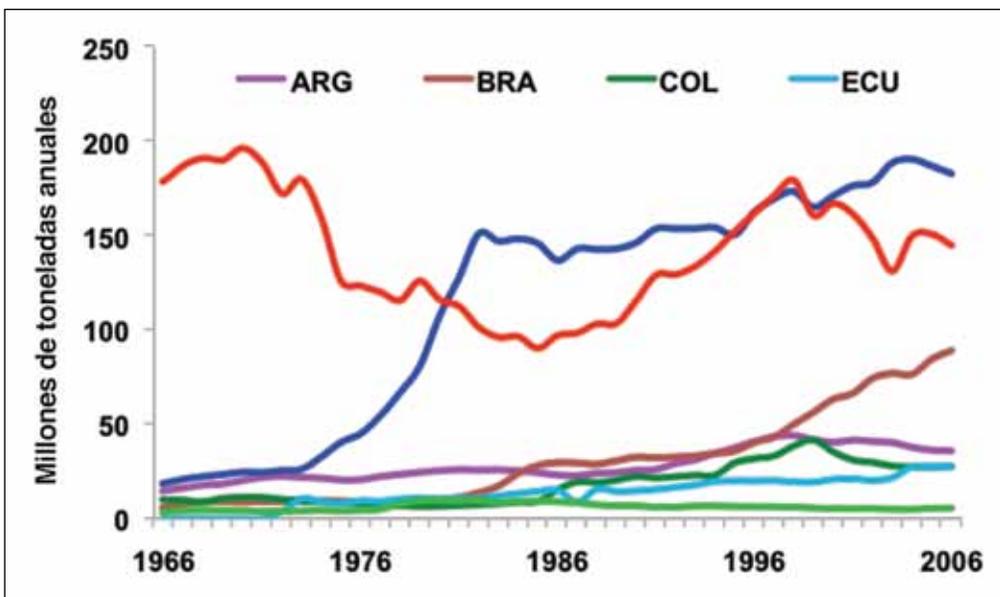
	Área Total		Hidromorfia		Bajo CCC		Toxidez AI		Alta Fijación P		Verticidad	
	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje
Argentina	277,2	23,2	8,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,4	0,9	0,3	4,0	1,4
Belize	2,3	0,5	21,7	0,0	0,0	0,0	0,6	26,1	0,0	0,0	0,4	17,4
Bolivia	109,6	15,1	13,8	2,0	1,8	33,8	30,8	8,8	8,8	8,0	0,7	0,6
Brasil	847,9	90,0	10,6	88,9	10,5	535,4	63,1	214,9	25,3	25,3	9,0	1,1
Chile	74,9	4,1	5,5	0,0	0,0	2,6	3,5	0,0	0,0	0,0	0,8	1,1
Colombia	113,6	12,3	10,8	1,2	1,1	63,6	56,0	21,7	19,1	1,3	1,1	1,1
Costa Rica	5,1	0,9	17,6	0,0	0,0	1,2	23,5	0,4	7,8	0,1	2,0	2,0
Cuba	11,4	1,7	14,9	0,2	1,8	1,6	14,0	0,1	0,9	1,5	13,2	13,2
Rep. Dominicana	4,7	0,3	6,4	0,0	0,0	0,4	8,5	0,0	0,0	0,0	0,6	12,8
Ecuador	28,3	1,7	6,0	0,0	0,0	5,9	20,8	3,4	12,0	0,7	2,5	2,5
El Salvador	2,1	0,1	4,8	0,0	0,0	0,1	4,8	0,0	0,0	0,3	14,3	14,3
Islas Malvinas	1,2	0,8	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guyana Francesa	9,1	0,3	3,3	0,1	1,1	6,5	71,4	6,4	70,3	0,0	0,0	0,0
Guatemala	10,8	1,4	13,0	0,0	0,0	1,2	11,1	0,0	0,0	1,3	12,0	12,0
Guyana	21,5	2,0	9,3	1,0	4,7	10,6	49,3	5,0	23,3	0,0	0,0	0,0
Haití	2,7	0,1	3,7	0,0	0,0	0,1	3,7	0,0	0,0	0,1	3,7	3,7
Honduras	11,2	1,0	8,9	0,0	0,0	3,4	30,4	0,2	1,8	0,2	1,8	1,8
Jamaica	1,1	0,1	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	18,2	18,2
México	196,6	6,9	3,5	0,0	0,0	4,4	2,2	0,4	0,2	12,1	6,2	6,2
Antillas Holandesas	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nicaragua	14,4	2,1	14,6	0,0	0,0	3,7	25,7	0,4	2,8	1,0	6,9	6,9
Panamá	7,8	1,2	15,4	0,0	0,0	2,1	26,9	0,3	3,8	0,1	1,3	1,3
Paraguay	40,7	12,3	30,2	0,5	1,2	7,1	17,4	0,9	2,2	1,2	2,9	2,9
Puerto Rico	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	22,2	0,0	0,0	0,2	22,2	22,2
Perú	128,1	12,5	9,8	2,1	1,6	55,7	43,5	17,9	14,0	1,1	0,9	0,9
Surinam	16,4	1,6	9,8	0,6	3,7	8,6	52,4	3,3	20,1	0,0	0,0	0,0
Trinidad y Tobago	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	80,0	0,3	60,0	0,0	0,0	0,0
Uruguay	18,6	2,5	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	23,7	23,7
Venezuela	91	13,9	15,3	1,6	1,8	51,4	56,5	16,2	17,8	2,7	3,0	3,0
<b>Total</b>	<b>2049,8</b>	<b>208,6</b>	<b>10,2</b>	<b>98,2</b>	<b>4,8</b>	<b>801,9</b>	<b>39,1</b>	<b>301,6</b>	<b>14,7</b>	<b>43,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>

	Área Total		Salinidad		Sodicidad		Afloramiento		Erodibilidad		Sin restricciones	
	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje	Mha	Porcentaje
Argentina	277,2	33,1	11,9	6,7	18,5	14,0	38,7	28,3	10,2	92,2	33,3	
Belize	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	21,7	0,5	21,7	
Bolivia	109,6	3,5	3,2	3,3	3,6	13,4	14,7	24,6	22,4	29,8	27,2	
Brasil	847,9	2,7	0,3	2,1	17,7	4,0	34,0	132,8	15,7	74,1	8,7	
Chile	74,9	5,0	6,7	4,4	3,3	23,9	17,9	24,9	33,2	13,5	18,0	
Colombia	113,6	0,5	0,4	0,3	0,3	7,1	8,1	23,2	20,4	30,4	26,8	
Costa Rica	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,4	1,9	37,3	2,0	39,2	
Cuba	11,4	0,2	1,8	2,6	0,3	9,6	1,1	2,1	18,4	4,4	38,6	
Rep. Dominicana	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	27,7	1,3	1,6	34,0	2,3	48,9	
Ecuador	28,3	0,1	0,4	0,4	0,1	12,4	3,5	7,3	25,8	10,5	37,1	
El Salvador	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,3	0,9	42,9	1,0	47,6	
Islas Malvinas	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,2	0,1	8,3	0,6	50,0	
Guyana Francesa	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,1	1,4	15,4	
Guatemala	10,8	0,0	0,0	0,9	0,1	18,5	2,0	3,6	33,3	3,8	35,2	
Guyana	21,5	0,1	0,5	0,0	0,0	14,9	3,2	3,9	18,1	3,6	16,7	
Haiti	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	0,8	1,0	37,0	1,3	48,1	
Honduras	11,2	0,0	0,0	0,9	0,1	23,2	2,6	5,5	49,1	4,0	35,7	
Jamaica	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	0,2	0,3	27,3	0,6	54,5	
México	196,6	1,3	0,7	0,8	1,6	32,4	63,7	51,2	26,0	54,4	27,7	
Antillas Holandesas	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,1	0,0	0,0	0,1	100,0	
Nicaragua	14,4	0,0	0,0	0,7	0,1	9,0	1,3	4,7	32,6	4,6	31,9	
Panamá	7,8	0,0	0,0	1,3	0,1	9,0	0,7	3,6	46,2	2,7	34,6	
Paraguay	40,7	12,3	30,2	12,3	5,0	0,0	0,0	1,6	3,9	11,5	28,3	
Puerto Rico	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	0,2	0,3	33,3	0,3	33,3	
Perú	128,1	0,7	0,5	0,0	0,0	19,9	25,5	38,9	30,4	18,6	14,5	
Surinam	16,4	0,1	0,6	0,0	0,0	0,6	0,1	1,1	6,7	3,2	19,5	
Trinidad y Tobago	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	20,0	2,2	440,0	
Uruguay	18,6	0,2	1,1	1,1	0,2	16,7	3,1	1,0	5,4	7,3	39,2	
Venezuela	91	0,7	0,8	0,1	0,1	8,1	7,4	27,5	30,2	19,2	21,1	
Total	2049,8	60,5	3,0	2,5	51,1	11,3	231,4	392,6	19,2	400,1	19,5	

**Anexo 3.** Producción de gas natural en ALC.



**Anexo 4.** Producción de petróleo en ALC.



## Anexo 5. Población de los países de ALC (miles de habitantes).

País	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
<b>América del Sur</b>	<b>242 270</b>	<b>269 932</b>	<b>297 196</b>	<b>323 230</b>	<b>348 845</b>	<b>373 678</b>	<b>397 739</b>	<b>420 700</b>	<b>441 802</b>	<b>460 775</b>	<b>477 331</b>
Argentina	28 094	30 305	32 581	34 835	36 896	38 747	40 738	42 676	44 486	46 115	47 534
Bolivia	5 355	5 964	6 669	7 482	8 317	9 182	10 031	10 854	11 638	12 368	13 034
Brasil	121 615	136 120	149 522	161 615	174 161	186 831	198 982	210 048	219 992	228 833	236 480
Chile	11 174	12 102	13 179	14 395	15 412	16 295	17 134	17 926	18 639	19 266	19 778
Colombia	28 356	31 564	34 875	38 259	41 683	44 946	47 890	50 663	53 238	55 563	57 577
Ecuador	7 961	9 099	10 272	11 396	12 306	13 061	13 775	14 597	15 376	16 074	16 679
Guyana Francesa	68	88	116	139	165	192	217	242	267	293	319
Guyana	761	754	731	739	734	739	731	715	700	683	660
Paraguay	3 198	3 702	4 248	4 799	5 349	5 904	6 460	7 008	7 533	8 026	8 483
Perú	17 325	19 523	21 762	23 857	25 663	27 274	28 894	30 768	32 540	34 148	35 564
Surinam	356	383	402	416	436	452	465	475	480	482	481
Uruguay	2 914	3 009	3 106	3 218	3 318	3 326	3 374	3 431	3 495	3 548	3 590
Venezuela	15 091	17 317	19 731	22 078	24 402	26 726	29 045	31 294	33 415	35 373	37 149
<b>América Central y el Caribe</b>	<b>122 090</b>	<b>134 544</b>	<b>147 061</b>	<b>160 607</b>	<b>174 187</b>	<b>184 281</b>	<b>195 937</b>	<b>207 238</b>	<b>217 738</b>	<b>227 229</b>	<b>235 486</b>
Antigua y Barbuda	72	68	62	68	77	83	88	93	97	101	104
Aruba	61	65	64	83	90	103	103	105	106	107	108
Bahamas	210	233	255	280	303	323	343	363	381	397	412
Barbados	249	260	271	280	286	292	297	300	303	303	301
Belice	144	163	186	214	245	276	306	335	363	389	413
Islas Vírgenes Británicas	11	13	17	18	21	22	23	24	26	26	27
Islas Caimán	17	21	26	33	40	46	49	51	54	55	57
Costa Rica	2 347	2 697	3 076	3 475	3 929	4 327	4 665	4 983	5 276	5 549	5 795
Cuba	9 823	10 086	10 605	10 930	11 142	11 260	11 257	11 250	11 248	11 231	11 126
Dominica	73	72	69	69	68	68	67	67	68	69	69
Rep. Dominicana	5 934	6 608	7 295	8 013	8 744	9 470	10 191	10 890	11 557	12 172	12 709
El Salvador	4 586	4 769	5 110	5 632	6 195	6 668	7 142	7 602	8 077	8 525	8 935
Granada	89	100	96	98	100	105	105	106	107	108	107
Guadalupe	327	355	391	406	421	438	454	465	474	481	484
Guatemala	7 013	7 935	8 908	10 004	11 229	12 710	14 377	16 227	18 091	19 926	21 691
Haití	5 691	6 387	7 110	7 836	8 573	9 296	10 060	10 830	11 584	12 305	12 994
Honduras	3 633	4 231	4 891	5 570	6 196	6 834	7 533	8 280	9 005	9 682	10 298
Jamaica	2 133	2 297	2 369	2 485	2 589	2 682	2 756	2 819	2 872	2 908	2 924
Martinica	326	341	360	375	386	396	402	404	405	404	400
México	69 325	76 826	84 002	91 823	99 735	104 266	110 293	115 756	120 559	124 695	128 125
Antillas Danesas	174	182	191	191	181	186	199	205	207	207	206
Nicaragua	3 257	3 715	4 141	4 664	5 108	5 463	5 832	6 277	6 696	7 075	7 407
Panamá	1 949	2 176	2 411	2 670	2 950	3 232	3 509	3 774	4 027	4 267	4 488
Puerto Rico	3 197	3 378	3 528	3 696	3 834	3 947	4 056	4 160	4 252	4 328	4 383
San Cristóbal y Nieves	43	42	41	43	46	49	52	56	59	61	64
Santa Lucía	118	127	138	146	153	161	171	180	188	195	201
San Vicente y Granadinas	100	104	109	113	116	119	122	124	125	125	124
Trinidad y Tobago	1 082	1 179	1 224	1 270	1 301	1 324	1 348	1 374	1 393	1 401	1 400
Islas Turcas y Caicos	8	9	12	15	19	24	26	28	29	30	31
Islas Vírgenes	98	105	103	107	110	111	111	110	109	107	103
<b>Total en ALC</b>	<b>364 360</b>	<b>404 476</b>	<b>444 257</b>	<b>483 837</b>	<b>523 032</b>	<b>557 959</b>	<b>593 676</b>	<b>627 938</b>	<b>659 540</b>	<b>688 004</b>	<b>712 817</b>

Fuente: FAO (FAOSTAT 2008).



Unidad de Modernización Institucional  
Dirección de Liderazgo Técnico y Gestión del Conocimiento  
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

**Tel.:** (506) 2216-0222

**Fax:** (506) 2216-0233

**Correo postal:** 55-2200 San José, Vázquez de Coronado,  
San Isidro, 11101, Costa Rica

**Correo electrónico:** [iicahq@iica.int](mailto:iicahq@iica.int)

**Sitio web:** [www.iica.int](http://www.iica.int)