

## 4. La contribución de la dendroenergía a la demanda energética futura

El desarrollo futuro de la bioenergía y la dendroenergía dependerá en gran medida de la efectividad de las políticas y de la coherencia con que se apliquen. Existen aún abundantes reservas de carbón en las regiones del mundo donde se predicen las mayores tasas de crecimiento económico y demográfico. Si los altos precios de los combustibles fósiles dejaran de constituir un incentivo para el desarrollo de los biocombustibles, la demanda solo aumentaría en aquellas regiones en donde las políticas se aplicasen de manera efectiva. El apoyo a las políticas será por consiguiente en muchos casos necesario para alentar las inversiones en el desarrollo de la bioenergía, por lo menos hasta que se observe que los precios de ésta han alcanzado la paridad con los de los combustibles fósiles. En cuanto tales, los mercados de exportación revestirán mayor importancia allí donde las políticas nacionales no consigan promover un menor uso de los combustibles fósiles.

Los sistemas de producción y uso de la dendroenergía son muy variados en las distintas regiones del mundo, y es probable que, ante los recientes cambios en la política energética, pueda haber toda una gama de respuestas en los países. En los países desarrollados y en desarrollo, diferentes factores afectarán a la oferta y demanda de biomasa tradicional, biocombustibles celulósicos líquidos, residuos forestales industriales y otras formas de dendroenergía.

En la producción de dendroenergía, jugarán un papel esencial diversos factores vinculados con el cambio climático, la eficiencia energética y la localización de los suministros; intervendrán además una serie de cuestiones ecológicas, económicas y sociales. En algunas zonas y tipos de tierras, los árboles podrán ser más productivos que los cultivos agrícolas, y sus efectos medioambientales negativos serán menores. La escasez de mano de obra podrá también favorecer los bosques respecto a los cultivos agrícolas. Entre otros factores susceptibles de reducir las demandas sobre los bosques para la producción de energía cabe mencionar los problemas tecnológicos relacionados con la producción de los biocombustibles celulósicos líquidos y las dificultades de transporte. En términos generales, la contribución de los bosques a la producción futura de energía estará condicionada por:

- la competitividad de la energía basada en la madera respecto a la consecución de los objetivos de las políticas recientes en materia de energía;
- los costos y beneficios de los sistemas basados en la dendroenergía desde el punto de vista social, económico y ambiental;
- las políticas e instituciones responsables de crear un marco dentro del cual se inscriben las actividades forestales.

En toda estrategia relativa a la bioenergía influirá también el contexto social, que comprende la localización en relación con la oferta y demanda; la infraestructura, el clima y el suelo; la disponibilidad de tierras y mano de obra; y las estructuras sociales y de gobernanza. Estos factores dificultan las comparaciones generales entre la bioenergía que proviene de la agricultura y la que proviene de los bosques (Perley, 2008).

El desarrollo de una tecnología económicamente competitiva para la producción de biocombustibles lignocelulósicos líquidos acarreará un cambio importante en el sector de la dendroenergía, ya que los productos forestales llegarían a ser competidores directos con las actividades agrícolas por una proporción del mercado de los biocombustibles. Los productos forestales también se convertirán en una de las fuentes de los combustibles de transporte, y en las regiones en las que las medidas de política ejerzan una influencia significativa en el consumo de energía (por ejemplo, la Unión Europea y los Estados Unidos de América), se abrirán grandes mercados para la comercialización de la energía derivada de los bosques proveniente de los países en desarrollo a través del mundo.

En muchas partes del mundo, la expansión en gran escala de las plantaciones destinadas a la obtención de bioenergía puede verse impedida por barreras que entorpecen las inversiones; por ejemplo, las diferentes reivindicaciones relacionadas con la tierra, una tenencia insegura de la tierra, el riesgo de expropiación y una gobernanza ineficaz. Los conflictos sociales, que suelen manifestarse cuando una vegetación natural se reemplaza con cultivos manejados de acuerdo con criterios de gestión comerciales, también pueden estallar a consecuencia de los cambios en la propiedad y los derechos de uso de la tierra.

En las regiones en que los cultivos agrícolas se prefieren a los árboles, la contribución de los bosques puede limitarse a ganancias de eficiencia en el ámbito de los usos existentes y a un mayor uso de los residuos leñosos producidos durante las operaciones forestales. Es probable que en tales circunstancias los mercados de energía ejerzan un menor control sobre la disponibilidad de la madera para la producción de bioenergía que la producción de trozas, el volumen de los recursos forestales y la competencia ejercida por la demanda de residuos leñosos.

A pesar de los altos precios del petróleo, es preciso que los países en desarrollo evalúen atentamente los riesgos que entrañan las inversiones en bioenergía. Muchas de las inversiones realizadas en biocombustibles en el decenio de 1980 se vinieron abajo cuando los precios volvieron a sus niveles originales (IBDF, 1979; Tomaselli, 1982). Sin embargo, la situación está cambiando nuevamente, y en la actualidad elementos inéditos, como el calentamiento mundial, han cobrado relevancia.

A menudo, las inversiones en bioenergía dependen de las subvenciones y los avances de la tecnología. Como los recursos financieros de los países en desarrollo son limitados y las prioridades que dichos países tienen que atender son muchas, será indispensable llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los riesgos y seleccionar los procedimientos para maximizar los beneficios que se obtengan con las inversiones en biotecnologías. El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto ofrece incentivos para el establecimiento de plantaciones energéticas y finan-

ciamiento para el uso sostenible de los biocombustibles. El Protocolo también facilita la transferencia de tecnología a los países en desarrollo.

## FUENTES DE COMBUSTIBLES LEÑOSOS

En relación con la energía fósil, la dendroenergía que se produce gracias a una tecnología eficiente ya es competitiva en muchos países. La dendroenergía proporciona los más altos niveles energéticos y tiene la mayor eficiencia de carbono del conjunto de las materias primas bioenergéticas, en particular cuando se usa para generar calor y electricidad. Además de ser interesante desde un punto de vista económico, la dendroenergía representa una opción estratégica para una mayor seguridad energética, en especial para los países que tienen grandes superficies forestales y que dependen de las importaciones de energía.

La dendroenergía puede producirse a partir de diversos sistemas de producción en uso. Los residuos madereros, dada su disponibilidad y valor relativamente bajo y la cercanía de los lugares de producción de los en que se realizan las operaciones forestales, ofrecen las mejores oportunidades inmediatas para la generación de energía. Las plantaciones establecidas con el propósito exclusivo de producir energía se están difundiendo en algunos países, y es probable que, según la demanda del mercado, de las plantaciones de usos finales múltiples se extraigan trozas para la obtención de energía así como para otros propósitos. Otras fuentes potenciales de dendroenergía son las áreas forestales sobreexplotadas y algunas especies para las que en la actualidad no hay mercados.

### Residuos leñosos

Muchos países no tienen un concepto claro del volumen de biomasa que se puede recoger en las operaciones forestales, y nunca han llevado a cabo una evaluación cabal del potencial energético de los residuos madereros. En el Cuadro 6 se compara la disponibilidad de residuos madereros en los bosques amazónicos naturales con las plantaciones de pino de crecimiento rápido destinadas a dos operaciones industriales típicas en el Brasil. La información muestra que solo una pequeña proporción de los árboles se transforma en productos comercializables. Entre el 80 y el 90 por ciento del volumen total de residuos de los bosques naturales podría ser utilizado para la generación de energía. La mayor parte de este material son copas y otras piezas desechadas que se abandonan en el bosque tras la cosecha.

CUADRO 6

**Residuos madereros procedentes de las operaciones forestales industriales en el Brasil (porcentaje del total de la madera cosechada)**

Operación	Bosque natural		Plantaciones	
	Producto	Residuo	Producto	Residuo
Cosecha	30-40	60-70	80-90	10-20
Elaboración primaria y secundaria	10-20	10-20	30-40	40-50
<b>Total</b>		<b>80-90</b>		<b>60-70</b>

Fuentes: OIMT, 2005; Banco de datos del STCP (adaptado)

En los países en desarrollo, los residuos madereros sobrantes que quedan en los aserraderos y por lo general no son utilizados pueden crear problemas ambientales, perjudiciales para la calidad del agua y el aire. Si con estos residuos se produjera energía, se resolverían tanto los problemas energéticos como los de eliminación de residuos. Para la combustión de los residuos, se emplean máquinas de vapor sencillas que producen electricidad en pequeña escala y turbinas de vapor que alimentan las instalaciones de generación de energía eléctrica más grandes (OIMT, 2005).

Los análisis teóricos del suministro de energía a partir de residuos madereros en los países en desarrollo han mostrado que en esos países el potencial de generación de energía es considerable (Tomaselli, 2007). Por ejemplo, en el Camerún se ha estimado que los residuos madereros generados tan sólo en los aserraderos serían suficientes para satisfacer la totalidad de la demanda nacional de electricidad. Si se utilizaran todos los residuos producidos durante las operaciones forestales, el país podría generar una cantidad de energía eléctrica equivalente a cinco veces su demanda actual.

Con los residuos madereros producidos por los aserraderos también se podría producir una porción significativa de la electricidad que es consumida en el Gabón, Nigeria, Malasia y el Brasil. En comparación, la contribución potencial de los residuos madereros al consumo de electricidad total en la India, Tailandia, Colombia y el Perú es relativamente pequeña.

Los residuos madereros producidos por los aserraderos representan solo una pequeña proporción del total de los residuos disponibles. El volumen de residuos madereros que quedan tras las operaciones de cosecha en los bosques tropicales equivale a tres a seis veces el que se produce en los aserraderos. Mediante tecnologías eficientes de aprovechamiento y transporte, este material se podría recolectar y enviar a las centrales eléctricas, y ello permitiría reducir los costos, mitigar el impacto ambiental y generar electricidad. Se estima que, como este proceso ya se lleva a cabo en medida importante en la mayor parte de los países industrializados avanzados, hay pocas posibilidades de aumentar el uso de energía proveniente de residuos en los mencionados países (Steierer *et al.*, 2007).

El uso de residuos forestales y agrícolas podría reducir significativamente los requerimientos de tierras para la producción de biocombustibles en muchos países y por lo tanto limitar los impactos sociales y ambientales de las plantaciones de cultivos energéticos. En la práctica, no obstante, la madera de que, según se informa, pueda disponer la industria productora de energía a menudo no consigue ser cosechada de forma económica. Además, la superficie forestal se ha reducido a través del mundo de resultados de las actividades forestales, la expansión agrícola y otros factores. Por consiguiente, a pesar de las altas tasas de establecimiento de plantaciones, se espera una disminución de los residuos madereros en los próximos años.

Como los residuos de madera son indispensables para mantener la salud del suelo y del ecosistema, conviene dejar ciertas cantidades de residuos sobre el terreno. Los residuos que produce la explotación forestal son una fuente importante de nutrientes para los bosques y contribuyen a reducir el riesgo de erosión (ONU-Energía, 2007). Entre las repercusiones potenciales del aumento de la recuperación de biomasa cabe mencionar la escasez de nutrientes, la pérdida de biodiversidad y los cambios en las funciones del ecosistema.

### Plantaciones energéticas

Los cultivos energéticos no constituyen una novedad. Las plantaciones forestales dedicadas a la producción de madera para obtención de energía ya existen desde hace algún tiempo en muchos países (NAS, 1980), pero en su mayor parte son pequeñas, hacen uso de una tecnología deficiente y su propósito es generalmente el suministro de leña para consumo local.

Entre las diversas especies arbóreas de crecimiento rápido idóneas para las plantaciones energéticas en zonas templadas cabe citar *Acacia mangium*, *Gmelina arborea* y varias especies de *Eucalyptus*, *Salix* y *Populus* (Perley, 2008). Las tasas de crecimiento de estos árboles son muy variables y dependen de la ordenación, la especie y la ubicación. En los países tropicales, las tasas de crecimiento dependen mucho de la disponibilidad de agua (Lugo, Brown, y Chapman, 1988). Otro factor determinante es la fertilidad del suelo. Los cultivos forestales de rotación corta requieren un mejor estado de nutrición respecto a un nutriente determinado que otros bosques que ocupan tierras menos necesarias para la agricultura.

El Brasil es uno de los pocos países en que se ha investigado durante décadas la producción en gran escala de energía derivada de la madera. En ese país se han realizado inversiones cuantiosas en plantaciones forestales, mayormente de *Eucalyptus* spp. de crecimiento rápido, dedicadas a la producción de madera para obtención de carbón industrial destinado a la industria del acero. También se han establecido plantaciones forestales que producen biomasa de combustión y para generación de calor y electricidad, que se utilizan en la industria alimentaria, de las bebidas y otras.

Unas políticas coherentes y claramente formuladas, un cuerpo reglamentario y unas orientaciones sobre mejores prácticas pueden ayudar a equilibrar las opciones culturales, económicas y ambientales que dimanen de las crecientes inversiones en el sector de las plantaciones forestales (FAO, 2007a). Para producir biomasa a costos que permitan generar energía a precios competitivos, es fundamental que la productividad de las plantaciones sea elevada, que las cosechas sean eficientes y que la logística sea de calidad.

Como fuentes de bioenergía, los árboles presentan ventajas respecto de muchos cultivos agrícolas que por lo general deben ser cosechados todos los años; y con la cosecha de tales cultivos se acentúan los riesgos de sobresuministro y volatilidad de los mercados (Perley, 2008). La cosecha de árboles y otros cultivos perennes se puede adelantar o atrasar conforme a las fluctuaciones de los precios. Los productos tienen diversos usos finales tales como la producción de energía, la fabricación de pulpa o paneles e incluso trozas para aserrío.

Los países que contemplan establecer plantaciones energéticas deberían primeramente crear las condiciones que favorecen una producción eficiente de bioenergía derivada de plantaciones, por ejemplo el desarrollo de material genético apropiado para las condiciones locales imperantes y el uso una tecnología moderna para la silvicultura, la ordenación de plantaciones, la cosecha, el transporte y la conversión de energía.

Para que las plantaciones de dendroenergía se conviertan en un negocio atractivo, algunos países en desarrollo necesitarían invertir durante algunos años en investigacio-

nes tecnológicas y desarrollo. Si bien es posible mitigar los riesgos al utilizar especies idóneas y material genético de elevada calidad, los países y los inversionistas deben ser conscientes de que sus inversiones son a largo plazo e inciertas, y que uno de sus principales riesgos, que está más allá del control de los países e inversionistas, son las fluctuaciones de los precios de la energía y la madera en el tiempo.

Las variaciones en los precios de la energía pueden determinar que las plantaciones dendroenergéticas no sean operaciones viables y que, por consiguiente, carezcan de valor de mercado. Este riesgo es menor para los países en los que la industria forestal está desarrollada y que pueden adaptar la biomasa a otros usos. Por ejemplo, las industrias de la pasta y de tableros de madera reconstituida utilizan las mismas materias primas, y gracias a ello se consigue reducir los riesgos de las inversiones en cultivos energéticos. Conviene que los inversionistas sepan si la plantación de bosques y la ordenación destinada a la obtención de biomasa son compatibles con las industrias forestales que ya operan en los países en desarrollo, y en especial en los países menos desarrollados.

### **Especies menos utilizadas y bosques secundarios**

Las especies madereras no utilizadas en la industria de la madera ofrecen otras oportunidades. Un estudio reciente analizó las posibilidades de combinar la cosecha de las especies tradicionales que se utilizan en la industria de la madera con especies menos conocidas o menos utilizadas para la producción de energía (OIMT, 2005). Este enfoque de la energía podría conducir a mayores ingresos y a una ordenación sostenible de los bosques.

La ordenación de los bosques secundarios brinda otra oportunidad de producir biomasa para la generación de energía. En las regiones tropicales existen extensas superficies de bosques secundarios. Estos bosques, que contienen grandes volúmenes de biomasa que no puede ser utilizada por las industrias tradicionales de elaboración de la madera, encierran una fuente potencial de generación de energía. Gracias a la aplicación de las orientaciones para la ordenación de bosques secundarios de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), se podría promover, mediante un desarrollo sostenible, la producción de dendroenergía en estos bosques (OIMT, 2002).

### **Suministro futuro de madera**

Como en comparación con otros usos finales, el valor de la madera que se utiliza como combustible se ha mantenido bajo, es probable que las operaciones forestales que se realizan en la actualidad sean la fuente de la que provengan los futuros suministros de madera para la producción de bioenergía. Esta situación podría cambiar si se llegara a disponer de una tecnología que permitiese producir energía de manera económica y competitiva a partir de materiales lignocelulósicos, tal como se ha indicado en la Sección 3.

Mabee y Saddler (2007) examinaron varios estudios de perspectiva mundiales sobre la disponibilidad de fibra forestal con el objeto de determinar los suministros renovables mundiales de biomasa forestal para la producción de dendroenergía. Los autores llegaron a la conclusión de que el aumento de la demanda de dendroenergía

en los países industrializados tendrá repercusiones significativas en las cantidades de biomasa excedentes disponibles, y que esta demanda absorberá entre el 10 y el 25 por ciento del excedente mundial estimado. Sin embargo, la disponibilidad mundial de fibra no será suficiente para satisfacer la demanda en algunas regiones, y la mayor demanda de ciertas industrias madereras puede también representar un factor de competencia.

Las tecnologías y sistemas usados para producir dendroenergía revisten gran importancia para el análisis de la disponibilidad futura de biomasa forestal para la producción de bioenergía. Las mejoras en la eficiencia del uso de los combustibles leñosos podrían traducirse en un suministro de cantidades significativas de dendroenergía en todo el mundo. Si se adoptasen mejores prácticas para la recuperación de energía (por ejemplo, el uso de cogeneradores dotados de dispositivo de recuperación de humos de combustión, o de estufas de pellets de madera de alta eficiencia), la energía leñosa disponible podría aumentar considerablemente y el recurso podría durar mucho más.

El aumento del uso de la bioenergía forestal puede repercutir en las industrias de elaboración tradicionales. En algunos países industrializados, las cortas para aplicaciones bioenergéticas ya representan al menos la mitad de producción industrial de rollizas (Steierer *et al.*, 2007; FAO, 2007b). En otros países, la cantidad de madera que se usa con fines bioenergéticos es aún pequeña en comparación con el aprovechamiento industrial de las rollizas. Cuando se añaden la recuperación de los residuos y los desechos postconsumo, el uso de la madera para la producción de energía supera, en varios países industrializados, la producción industrial de rollizas. En el Recuadro 4 se describen en detalle las posibles repercusiones de la demanda de madera para generación de bioenergía en los precios de los productos forestales.

#### RECUADRO 4

##### **Precios de los productos forestales**

En los países europeos, los precios de la madera han tendido a disminuir en términos reales, tanto en el caso de las rollizas como en el de la madera para pasta (CEPE, 2007; Hillring, 1997). La tendencia mundial a largo plazo es más difícil de determinar, debido a la conversión monetaria, el impacto de las tasas nacionales de inflación, el sistema tributario nacional y los datos disponibles. Según las estimaciones mundiales sobre el mercado futuro de productos forestales, los precios reales de las rollizas industriales, madera aserrada y tableros a base de madera cambiarán poco antes de 2010, y los del papel de periódico, papel imprenta y papel escritura disminuirán ligeramente (FAO, 1997; Trømborg, Buongiorno y Solberg, 2000). No obstante, en los últimos años, los precios reales de los productos forestales han registrado aumentos en todo el mundo.

Según estudios recientes, los precios de las trozas de aserradero de coníferas aumentaron en 2005/2006 en la mayor parte de las regiones de América del Norte y Europa (CEPE/FAO, 2006; 2007). Se ha señalado que las principales causas de esos

aumentos han sido los más altos costos de transporte y los incentivos dados a la producción de bioenergía. En esas regiones también han subido los precios de la madera para pasta, a causa seguramente también de los mayores costos del transporte, pero igualmente de resultados de un mercado de la pasta más evolucionado. Se prevé que los precios de la madera aserrada y de la madera para pasta aumentarán durante los años venideros (CEPE/FAO, 2006).

A la luz de las actuales tendencias observadas en los precios de la madera, conviene hacer las siguientes observaciones:

- Incluso a pesar del aumento del valor de la madera, los ingresos de la industria forestal son menores hoy en día que en años anteriores, y es probable que este factor represente una barrera para las reinversiones o para nuevas empresas que quisieran integrarse al sector.
- El precio actual de la madera, que en comparación con los precios históricos es bajo, puede incentivar el uso de la madera para aplicaciones de valor relativamente reducido, como la generación de bioenergía.
- A medida que se llevan a cabo investigaciones sobre las oportunidades ofrecidas por la bioenergía, el aumento de la competencia por la fibra maderera debería dar sostén a la reciente tendencia al alza de los precios de la madera. Conforme aumentan los precios de la madera, las oportunidades de desarrollo de la bioenergía podrían menguar a mediano o a largo plazo.
- Las políticas oficiales pueden tener efectos significativos en los precios de la madera. Las subvenciones para las inversiones en energías renovables, los incentivos tributarios y los aranceles son todas medidas que están repercutiendo en los precios de la madera, especialmente en los países industrializados.

En la actualidad, la fuerte demanda de materias primas para la producción de biocombustibles derivados de la madera se traducirá previsiblemente en unos precios más altos de los productos forestales. Los aserraderos y las fábricas de tableros compiten directamente con las aplicaciones de las bioenergías por la obtención de suministros madereros, y es probable que, a corto plazo, los consumidores deban de hacer frente a precios más altos para algunos productos (CEPE/FAO, 2007).

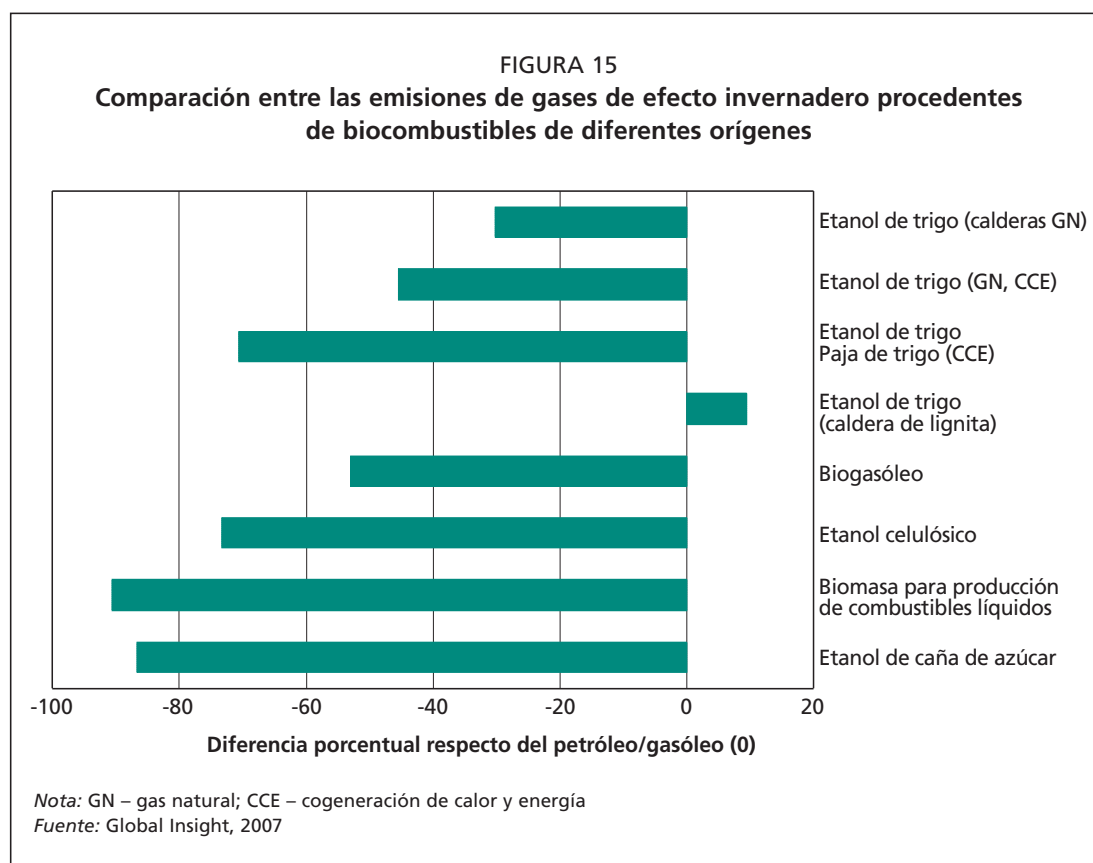
## EMISIONES Y ASPECTOS ECONÓMICOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

La mayor parte de los estudios predice que, en comparación con los combustibles petrolíferos, los biocombustibles líquidos de segunda generación provenientes de cultivos perennes y residuos leñosos y agrícolas podrían reducir enormemente el ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero. Si se redujera al mínimo el insumo de fertilizantes y la energía se elaborase mediante el uso de la biomasa u otras fuentes renovables, algunos procedimientos tendrían un potencial de reducción neta de las emisiones superior al 100 por ciento, lo cual significa que, durante el proceso de producción, se absorbería más carbono del que sería emitido en forma de dióxido de carbono durante el ciclo de vida de este último (véase Instituto de la Vigilancia Mundial, 2007).



Los estudios indican que, mediante el bioetanol de maíz, la eficiencia de uso de los combustibles fósiles aumentaría solo ligeramente respecto al uso directo del petróleo; en cambio, con el bioetanol producido a partir de la madera, la eficiencia energética podría llegar a aumentar hasta nueve veces (NRDC, 2006). En las estimaciones, las emisiones de gases de efecto invernadero de los combustibles de segunda generación ocupan un lugar un 75 a 85 por ciento por debajo del de las emisiones de los combustibles usados en los motores de petróleo, a causa de la menor intensidad de las operaciones agrícolas y porque se asume que la parte no fermentable de la planta se usa como combustible para las operaciones de elaboración (Global Insight, 2007). Por consiguiente, si gracias al avance tecnológico resultara más eficiente y al menos tan económico producir biocombustibles líquidos a partir de material celulósico, y no de cultivos alimentarios, la competencia con la producción de alimentos sería menor, la eficiencia energética aumentaría y el balance energético total sería superior. Esas ventajas podrían traducirse en incentivos para ampliar las plantaciones forestales.

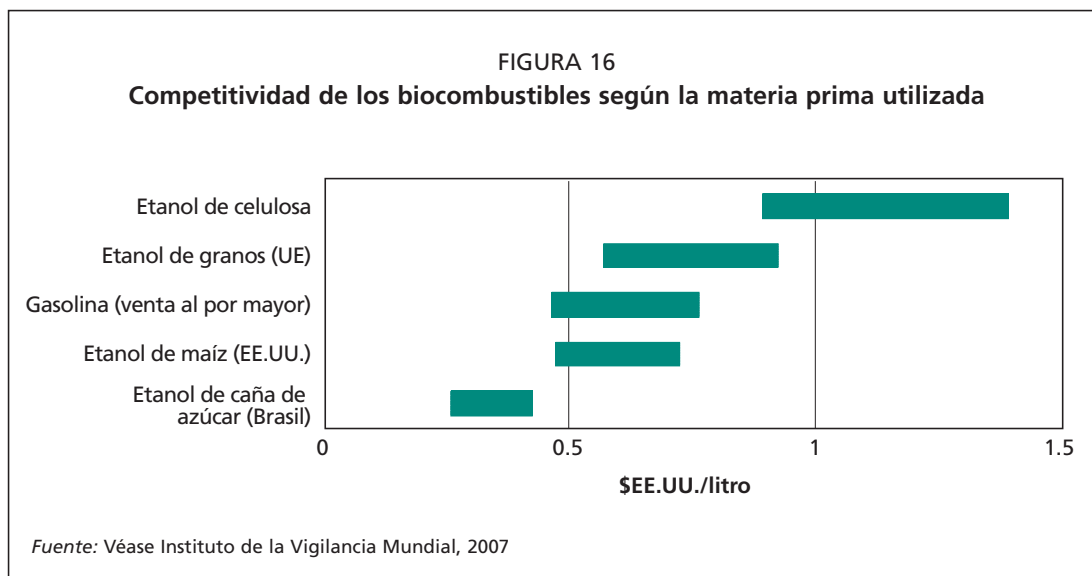
En relación con la gasolina o el gasóleo, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la biomasa son menores de las que provienen de otros procesos de elaboración de materias líquidas (por ejemplo, la gasificación o la pirólisis, en las que se usa la totalidad de la planta). La caña de azúcar se sitúa en un lugar análogo, y el etanol celulósico permite reducir las emisiones en más de un 75 por ciento. El etanol de trigo conduce a escasas reducciones de emisiones, a menos que también se utilice la paja en los procesos de cogeneración de energía (Figura 15).



La materia prima agrícola más promisoría desde el punto de vista económico para la producción de los biocombustibles líquidos es la caña de azúcar, mientras que la competitividad del maíz y de otros cereales y cultivos oleaginosos producidos en el hemisferio norte es menor en condiciones de mercado (Figura 16). Aunque los costos actuales de producción del etanol celulósico son más altos que los del etanol producido a partir de materias primas cerealícolas, pareciera que en el futuro los costos de producción del etanol celulósico serían los que mayormente se podrían reducir. Para 2030, los precios del etanol celulósico y los del etanol de caña de azúcar podrían equivalerse (IEA, 2006).

Si los biocombustibles celulósicos líquidos se produjeran de forma económica, el uso de la biomasa se generalizaría en el sector de los transportes. Las perspectivas de comercialización son el principal factor que afecta, en la mayoría de los países en desarrollo, a los planes de expansión relativos a los combustibles líquidos, ya que el crecimiento esperado de la demanda habría de provenir principalmente de los países desarrollados.

Los mercados se verán poco dispuestos a brindar apoyo a las materias primas y procesos productivos que no produzcan incrementos netos de energía, pero no se descarta la posibilidad de que la perduración de dichas materias primas y procesos pudiere deberse a otros objetivos (Wolf, 2007). Es poco probable que los cultivos destinados exclusivamente a la producción de biocombustibles celulósicos se planten en grandes cantidades, ya que el avance de la tecnología y los precios del bioetanol no favorecerán, por cierto, la producción de estos cultivos respecto a los cultivos alternativos; y no se espera, tampoco, que las instalaciones autónomas de producción de bioetanol de segunda generación y de biogasóleo lleguen a ser rentables en las próximas décadas (Global Insight, 2007). La competitividad de las diferentes materias primas está relacionada con la eficiencia energética neta que se consiga con la producción y elaboración de los diferentes cultivos (Recuadro 5).



RECUADRO 5

**Eficiencia energética y producción de bioenergía**

Dos razones explican la importancia del consumo de energía en la producción de bioenergía. En primer lugar, para que un cultivo energético sea sostenible, es preciso que la cantidad de energía captada durante su cultivo y utilización exceda la que se consume en su producción. En segundo lugar, cuando son las metas relativas al cambio climático las que se pretende alcanzar mediante el aprovechamiento de la bioenergía, es menester tomar en cuenta el tipo de combustible usado para la producción los insumos energéticos y sus emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de energía depende de diversos factores. Las actividades agrícolas consumen energía en muchas de sus diferentes etapas, por ejemplo, para mover las máquinas, para el riego, para la gestión del agua y para el transporte de los productos. También se consumen grandes cantidades de energía –especialmente en los modernos sistemas agrícolas que requieren insumos elevados– en las actividades agrícolas afines, como la fabricación y elaboración de fertilizantes y plaguicidas y la distribución de los productos agrícolas.

En la agricultura de los países industrializados, se hace por lo general un uso mucho más intensivo de la energía que en los países en desarrollo, pero cuando estos últimos adoptan prácticas de cultivo más perfeccionadas, los insumos de energía tienden a aumentar. En muchos casos, los insumos de energía se originan en combustibles fósiles. Es por este motivo que, en comparación con estos últimos, las emisiones de carbono se reducen tan sólo marginalmente con la producción y el uso de los recursos bioenergéticos.

La mayor ventaja que presentan los bosques y árboles considerados como fuentes de biomasa es que requieren menos insumos energéticos y son capaces de crecer en tierras menos fértiles que las que se requieren para los cultivos agrícolas. Sin embargo, el partido que pueda sacarse de tales ventajas estará limitado por factores como la aparición oportuna de tecnologías de segunda generación, el suministro de madera futuro y la infraestructura necesaria para una explotación económicamente viable (Perley, 2008).

