

ESTUDIOS

Biocombustibles: oportunidades y riesgos de su aplicación

Luis Amador Hidalgo y Juan Manuel Arjona Fuentes¹

Palabras clave: *Energía renovable / Desarrollo Sostenible / Biocombustibles.*

Key words: *Renewable energy / Sustainable Development / Biofuels*

Mots clés: *Energie renouvelable, Développement durable, Biocombustibles.*

I. Introducción

Los biocombustibles líquidos para el transporte han sido objeto de un amplio debate en cuanto a la posibilidad de que su uso contribuya a la seguridad energética y a mitigar el cambio climático, promoviendo, al mismo tiempo, el desarrollo de las zonas rurales. Sin embargo, aparecen también una serie de interrogantes relativas a las repercusiones económicas, medioambientales y sociales que tendrá su producción a gran escala. Desde una perspectiva medioambiental y social los biocombustibles presentan oportunidades y riesgos. El desarrollo de una producción sostenible, desde una perspectiva medioambiental y social, capaz de explotar las oportunidades mientras se controlan y minimizan los riesgos, dependerá fundamentalmente de las políticas que se implementen en un futuro en este sector. Las implementadas hasta ahora ni han permitido alcanzar la seguridad energética ni han ayudado a mitigar el problema del cambio climático de manera significativa. Por el contrario, son perceptibles algunos efectos negativos sobre los mercados de materias primas agrícolas, principalmente cereales y oleaginosas, sobre los costes

¹ Facultad de CC EE y EE (ETEA)

de producción de la ganadería, sobre la seguridad alimentaria mundial y también impactos medioambientales negativos.

La intención de los autores del presente trabajo es la de llevar a la reflexión sobre las ventajas e inconvenientes de los biocombustibles desde el punto de vista económico, social y medioambiental a partir de información con base científica contrastada, alejándonos, en la medida de lo posible, de las opiniones subjetivas y/o pasionales vertidas al respecto.

2. La problemática del sistema energético actual

Desde hace unos quince años el panorama energético mundial está completamente convulsionado. No hay día en el que no haya noticias sobre temas que tienen que ver con la energía: petróleo, renovables, energía nuclear, convenciones internacionales, planteamientos ecologistas, ... diversas posturas que están permanentemente en los medios de comunicación con mensajes casi siempre preocupantes y contradictorios, enzarzados en agrias polémicas y guerras de intereses.

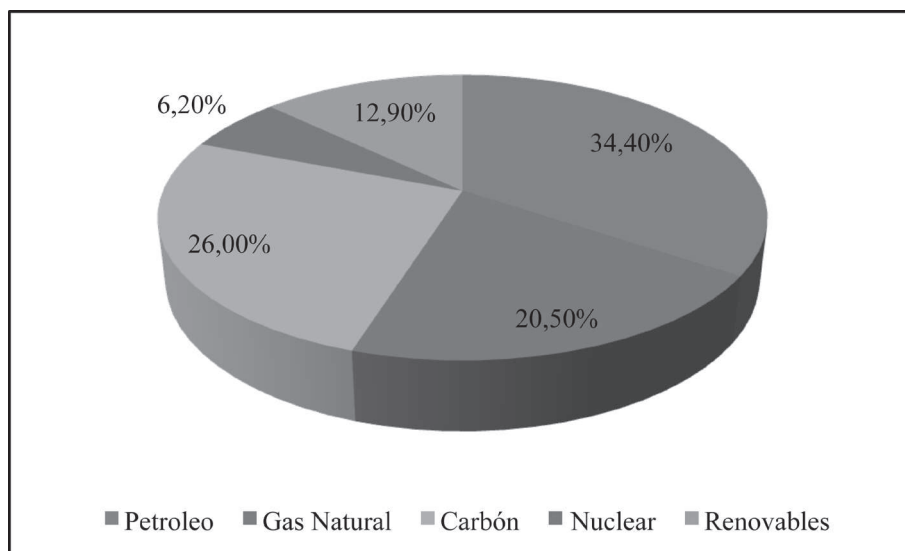
El origen de todo el debate es de sobra conocido: la estructura energética mundial es socialmente injusta y ecológicamente insostenible a medio plazo. Aclaremos algo más estas afirmaciones.

Según la ONU, en su informe *La energía y el reto de la sostenibilidad*², un sistema energético sostenible es aquel basado en fuentes de energía que respalden el desarrollo humano a largo plazo, en todas sus dimensiones: sociales, económicas y medioambientales. En otras palabras, este término no se refiere simplemente a un suministro continuo de energía, sino a la producción y uso de recursos energéticos de forma que fomenten el bienestar humano y el equilibrio ecológico a largo plazo.

El sistema energético actual, sobre el cual se ha fundamentado todo el desarrollo económico mundial desde el siglo XIX, es justamente el contrario al definido anteriormente y, por lo tanto, se puede declarar como un sistema energético insostenible. La principal causa que justifica la aseveración anterior es que nuestro actual sistema energético está basado en la explotación de fuentes de energía fósil, en especial el petróleo, tal y como se muestra en el gráfico 1:

² PNUD (2000).

**GRÁFICO I. Estructura del consumo mundial de energía primaria.
Año 2006**



Fuente: *International Energy Agency (2008)*.

De toda la energía consumida en el mundo en 2006 el 87,1 por ciento era de origen no renovable y el 80,9 por ciento de origen fósil. ¿Por qué el hecho de que el origen de la energía consumida sea fósil es causa de la insostenibilidad del sistema energético? Las razones son las siguientes:

- Se trata de recursos finitos. Aunque existen muchas controversias, parece que hay cierto consenso en que las reservas de petróleo líquido convencional durarán unos 40 años. En el caso del gas natural la duración de las reservas se estima en unos 70; y, en cuanto al carbón, las reservas estimadas alcanzarían unos 150 años³.
- El hecho de ser un input finito es origen de dos problemas asociados al recurso energético: en primer lugar el precio, en especial en el caso del petróleo. El precio del mismo ha pasado, en tan solo tres años, desde los 50 dólares por

³ En función de los datos de producción y de reservas estimadas publicados en la BP Statistical Review of World Energy (Junio 2007).

barril hasta picos de 150 dólares el barril. Si bien el precio del petróleo ha bajado con la crisis económica, la Agencia Internacional de la Energía prevé que volverá pronto a valores por encima de los 100 dólares y se situará en el entorno de los 200 dólares para el año 2030. Es decir, la época del precio barato del petróleo ha terminado. En segundo lugar, la geopolítica. Las reservas de petróleo y gas natural están concentradas en unos cuantos países ubicados en zonas de alta inestabilidad política. El hecho de asegurar el acceso a dichas reservas para el futuro ha sido causa directa o coadyuvante de la participación en conflictos bélicos de algunas potencias occidentales (por ejemplo Golfo Pérsico, ex Repúblicas Soviéticas en la zona del Cáucaso, Sudán,...), bien como contendientes directos o bien participando en fuerzas de pacificación.

- No están equitativamente distribuidos: Como indicábamos antes, los grandes yacimientos de petróleo están ubicados en zonas muy concretas del planeta. Eso impide que la mayoría de los países, en general, y particularmente los centros de población, puedan autoabastecerse y dependan de grandes infraestructuras de distribución del recurso energético. Dichas infraestructuras son creadas, en la mayoría de los casos, por empresas privadas para las que prima la rentabilidad económica frente a la social a la hora de planificar sus inversiones, quedando así, en los países en desarrollo, muchos núcleos de población sin acceso a energía comercial convencional, lo cual limita sus posibilidades de desarrollo.
- Son energías cuyo consumo provoca contaminación y se las señala como principales causantes del cambio climático que está experimentando el planeta. Como ya es bien conocido, el empleo de los combustibles fósiles provoca la liberación a la atmósfera de grandes cantidades de CO₂, entre otros gases, que alteran el equilibrio natural de la misma, y cuya consecuencia principal es el llamado *efecto invernadero* por el cual la temperatura media de la Tierra se está incrementando, alterando así todos los ciclos y ecosistemas naturales.

Ante tantas señales de alarma algunos organismos internacionales han decidido actuar. La gran referencia en este sentido fue la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro en 1992. Una de las consecuencias de lo allí acordado fue el conocido como Protocolo de Kioto (1997) que incluía compromisos claros y vinculantes, para los países desarrollados, en cuanto a la disminución de sus emisiones contaminantes. Es evidente que la única manera de reducir dichas emisiones, sin poner en riesgo el desarrollo industrial, pasa por mejorar la eficiencia energética y por cambiar el mix energético actual, de tal manera que el peso de las energías renovables se incremente en detrimento de las no renovables.

3. Las energías renovables

Se denominan energías renovables a aquellas formas de producir energía final que consumen combustibles o energía primaria que el planeta puede regenerar en poco tiempo⁴. Los tipos de energía final que se pueden obtener a partir de energía primaria renovable son:

1. Electricidad: obtenida a partir de la transformación de la luz solar, el viento, el agua, la biomasa, las mareas y las olas y el calor geotérmico.
2. Combustibles: que se obtienen a partir de la biomasa.
3. Calor y frío: que se obtienen a partir de la luz solar y la biomasa.

La nueva administración del Presidente Obama en los Estados Unidos (EEUU) se ha puesto como meta duplicar la producción de energía renovable del país en tres años⁵. Un objetivo que cuenta con el apoyo del Congreso y el obstáculo de una red de distribución que apenas ha cambiado desde los años treinta.

Por su parte, la Unión Europea (UE), como firmante del Protocolo de Kioto, ha legislado para conseguir que los países miembros cumplan con los objetivos marcados en ese Protocolo. Es más, en la última Directiva Europea sobre Energía Renovable, aprobada por el Parlamento Europeo el 17 de diciembre de 2008, se va más allá y se aprueban objetivos más ambiciosos que los marcados por Kioto. En concreto se insta a los países miembros a que, antes del final de junio de 2009, hayan presentado ante la Comisión Europea un Plan Nacional de Acción que les permita cumplir con el denominado "triple objetivo veinte" para el año 2020. Dicho triple objetivo consiste en conseguir una reducción del 20 por ciento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), un incremento del 20 por ciento en la eficiencia energética y, por último, que la energía consumida por la UE provenga en un 20 por ciento de fuentes de energía renovable.

En general, la nueva Directiva Europea ha sido bien acogida en todos los sentidos salvo en un aspecto: el apoyo que se sigue dando a la producción de los biocombustibles. Diferentes colectivos ecologistas y diversas ONG critican dicho apoyo

⁴ Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) (2007).

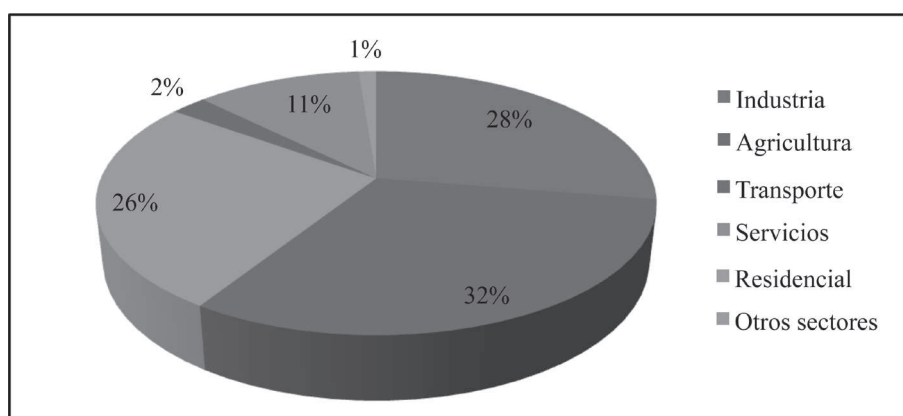
⁵ El Departamento de Energía de EEUU calcula que las fuentes renovables de energía, que incluyen la solar, la eólica, la hidroeléctrica, la geotérmica, los biocombustibles y la biomasa, sumaron el 7% del suministro de energía de Estados Unidos en el año 2007.

indicando que la obtención de aquellos provocará, entre otros, daños irreversibles a los ecosistemas, a la biodiversidad, al clima, además de otros efectos no deseados en diferentes ámbitos.

Esta polémica sobre la bondad y/o maldad de la producción de los biocombustibles como alternativa al consumo de petróleo no es nueva, aunque alcanza su punto álgido a raíz de la crisis del maíz en Méjico a finales del año 2006. En este caso se señaló a la producción de etanol en EEUU como la principal causa de la escasez de maíz para alimentación y la consecuente subida de precios. Desde entonces es constante el cruce de opiniones de expertos que han quedado recogidas en numerosos informes, unos a favor de los biocombustibles como alternativa real a los combustibles fósiles de cara a la lucha contra el cambio climático y otros, en contra, por no conseguirse con su empleo reducciones significativas de las emisiones de dióxido de carbono y sí producirse pérdidas significativas de biodiversidad, además de contribuir al desencadenamiento de la crisis alimentaria.

¿Por qué el debate sobre los biocombustibles ha alcanzado este nivel de crispación?
¿Cuál es el grado de importancia que tiene el desarrollo de los biocombustibles en la lucha contra el cambio climático frente a otras energías renovables? El gráfico 2 muestra el consumo de energía final por sectores en la UE-27.

GRÁFICO 2. Consumo de energía final por sectores en la UE-27. Año 2006



Fuente: EUROSTAT (2008).

El principal sector demandante de energía es el del transporte, que consume el 32 por ciento de la energía final. Si en los otros sectores la energía final consumida proviene de diferentes fuentes de energía primaria, en el sector del transporte la fuente de energía primaria es exclusivamente el petróleo, el cual aúna el problema estratégico de su agotamiento con el problema medioambiental de las emisiones de CO₂. Encontrar una solución de futuro para el sector transporte, que resuelva ambos problemas, se ha convertido en una cuestión clave para los Gobiernos de multitud de países y también para algunos organismos internacionales.

En este sentido, y mientras el avance de la tecnología no ofrezca mejores soluciones, los biocombustibles se han mostrado como una alternativa que, con ligeras modificaciones en los motores permite sustituir, en todo o en parte, a los combustibles procedentes del petróleo. Entonces, ¿dónde reside la polémica? En primer lugar, sobre el futuro de la tecnología. Muchos analistas coinciden en el hecho de que el uso de los biocombustibles es una solución de transición mientras la investigación tecnológica avanza hacia el vehículo eléctrico. En segundo lugar, en el hecho de que, en la actualidad, las principales materias primas utilizadas para la producción de biocombustibles son, o pueden ser, destinadas al consumo humano o ganadero, por lo que se pueden producir alteraciones en el mercado por la vía del abastecimiento y/o precio de la materia prima. Y en tercer lugar, por el balance energético. Los investigadores no se ponen de acuerdo sobre si la producción de biocombustibles requiere un consumo energético, y por lo tanto de emisiones de CO₂, superior a la energía aportada y a las emisiones ahorradas posteriormente en su uso como combustible.

4. Los biocombustibles

Se denomina biocombustibles a los combustibles líquidos de origen biológico que por sus características físico químicas resultan adecuados para sustituir a la gasolina o al gasóleo en estado puro, en mezcla con estos últimos o como aditivo. Estos productos se obtienen principalmente a partir de materia vegetal. Actualmente se pueden encontrar dos grandes tipos de biocombustibles, el bioetanol, que sustituye a la gasolina y el biodiésel, que se puede utilizar en lugar del gasóleo⁶.

El bioetanol se produce a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de

⁶ INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y EL AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) (2006).

azúcar o biomasa. El bioetanol como combustible se puede utilizar de tres formas distintas:

1. Como combustible puro: para ello debe modificarse el motor en el sistema de almacenamiento y conducción del combustible.
2. En mezcla directa etanol y gasolina convencional: los motores de gasolina pueden funcionar con mezclas de hasta un 25% de etanol sin necesidad de modificaciones en el motor aunque con mermas en el rendimiento del mismo y aumentos del consumo.
3. Como aditivos de las gasolinas: para incrementar el octanaje de las gasolinas sin plomo se le añade un aditivo que, en la mayoría de los casos, deriva del petróleo. En los últimos años el etil-tercbutil éter (ETBE), proveniente del bioetanol, se está imponiendo por sus emisiones menos tóxicas y es en la actualidad el principal destino de la producción de bioetanol.

En cuanto al biodiésel, se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales. Dichos aceites son transformados industrialmente a través de procesos de transesterificación en un producto que puede sustituir parcial o totalmente al gasóleo obtenido del petróleo. Las principales materias primas para la elaboración del biodiésel son:

- Aceites vegetales convencionales: girasol, colza, soja, coco, palma, cacahuete...
- Aceites vegetales alternativos: carinata, cardo, camelina, crambe, pogianus, jatropa,...
- Aceites de semillas modificadas genéticamente: girasol alto oleico.
- Aceites de fritura usados.
- Grasas animales: sebo de vaca o de búfalo.

Para que el biodiésel pueda utilizarse puro en un vehículo su motor debe estar adaptado, es por ello que se suele comercializar en mezcla en una proporción del cinco o el diez por ciento de biodiésel con gasóleo convencional.

En los últimos años los biocombustibles han conocido un rápido crecimiento tanto en lo que respecta a su producción⁷ como al porcentaje que les corresponde en la demanda mundial de energía procedente del sector del transporte. Se prevé que se mantenga este crecimiento, tal como se ilustra en el gráfico 3, en el que se muestran las tendencias históricas así como las proyecciones para los años 2015 y 2030. No obstante, la contribución de los biocombustibles al suministro de energía para el transporte y, más aún, al uso mundial de energía, seguirá siendo bastante limitada.

TABLA I. Producción de biocombustibles en el mundo (2007)

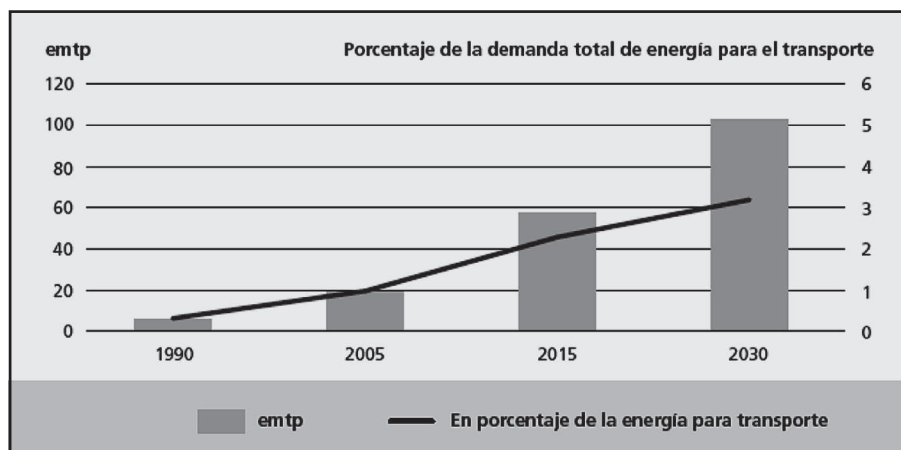
PAÍS/GRUPO DE PAÍSES	ETANOL		BIODIÉSEL		TOTAL	
	(Millones de litros)	(emtp)	(Millones de litros)	(emtp)	(Millones de litros)	(emtp)
Brasil	19 000	10,44	227	0,17	19 227	10,60
Canadá	1 000	0,55	97	0,07	1 097	0,62
China	1 840	1,01	114	0,08	1 954	1,09
India	400	0,22	45	0,03	445	0,25
Indonesia	0	0,00	409	0,30	409	0,30
Malasia	0	0,00	330	0,24	330	0,24
Estados Unidos de América	26 500	14,55	1 688	1,25	28 188	15,80
Unión Europea	2 253	1,24	6 109	4,52	8 361	5,76
Otros	1 017	0,56	1 186	0,88	2 203	1,44
Mundo	52 009	28,57	10 204	7,56	62 213	36,12

Nota: Los datos presentados pueden haber sido redondeados.

Fuente: *Licht Interactive Data*.

⁷ En su mayor parte este incremento proviene de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), principalmente los EEUU y los países de la UE. Fuera de esos dos ámbitos se encuentra Brasil, que ha sido el primer país en desarrollar un sector nacional de biocombustibles, económicamente competitivo, empleando para ello la caña de azúcar (véase tabla 1). En los países de la OCDE los biocombustibles han sido promovidos mediante políticas que apoyan y subsidian su producción y consumo. Actualmente, esas políticas se están aplicando también en varios países en desarrollo.

GRÁFICO 3. Tendencias en el consumo mundial de biocombustibles para el transporte



Nota: emtp = millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep).

Fuente: *International Energy Agency (2007)*.

Algunos países desarrollados y también en desarrollo están fijando marcos de reglamentación de cara a la producción de biocombustibles, incluidos niveles de referencia para su mezcla con combustibles fósiles. Se conceden igualmente diversos tipos de subvenciones e incentivos para apoyar a esta incipiente industria. Con esas medidas se prevé estimular, en los próximos años, tanto su demanda como su oferta a escala global.

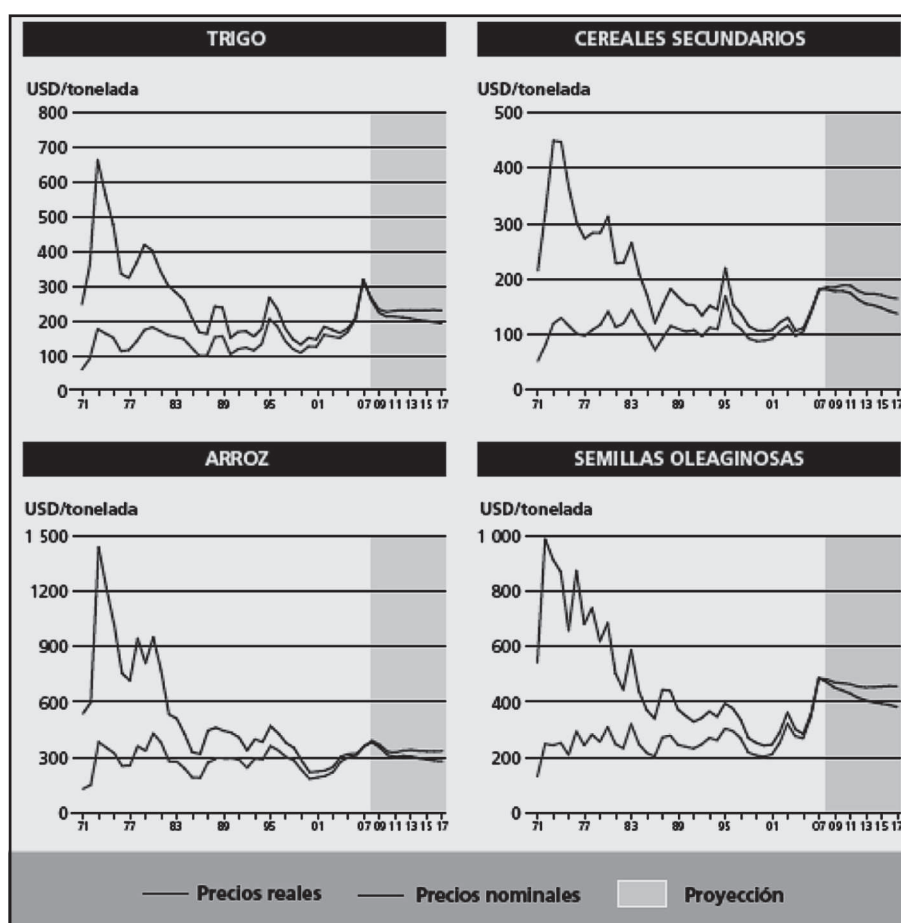
4.1. Un balance de su potencial de aplicación y de los inconvenientes derivados de su producción y empleo

La seguridad energética, las implicaciones medioambientales positivas, el desarrollo tecnológico, la posibilidad de diversificar los ingresos de los agricultores o de promover el desarrollo rural son algunos de los argumentos que se están considerando a la hora de promover y diseñar estrategias para la producción de biocombustibles.

Esta nueva fuente de demanda de productos agrícolas básicos crea oportunidades pero también genera riesgos tanto para el sector alimentario como para el agrícola. En efecto, la demanda de biocombustibles podría invertir la tendencia a la

baja de los precios reales de los productos básicos (véase gráfico 4) que, en los últimos decenios, ha reducido el crecimiento de la agricultura en la mayoría de los países en desarrollo. Como tales, los biocombustibles podrían ofrecer a estos países, en los que el 75 por ciento de la población depende de la agricultura para su sustento, la oportunidad de aprovechar el desarrollo agrícola para revitalizar la economía rural y reducir así la pobreza en dicho ámbito.

GRÁFICO 4. Tendencias de los precios de los alimentos básicos, 1971–2007, con proyecciones hasta 2017



Fuente: OCDE-FAO (2008).

Un vínculo más fuerte entre la agricultura y la demanda de energía podría propiciar el aumento de los precios agrícolas, de la producción agrícola y también del PIB. El desarrollo de los biocombustibles puede facilitar el acceso a la energía en las zonas rurales y estimular el crecimiento económico aunque, al mismo tiempo, exista el peligro de que el aumento inducido de los precios de los alimentos ponga en riesgo los suministros de las personas más pobres del mundo, muchas de las cuales gastan en alimentación más de la mitad de sus exiguos ingresos. Es más, la demanda de biocombustibles podría someter a una presión adicional a la base de recursos naturales, lo que a su vez podría derivar en perjuicios medioambientales y sociales, en particular para quienes carecen todavía de acceso a la energía, los alimentos, la tierra y el agua.

Teniendo en cuenta las técnicas agronómicas y de conversión de materias primas actuales, sin apoyo⁸ y sin subvenciones (véase tabla 2) la viabilidad económica de la producción de etanol o biodiésel resulta escasa en muchos países, aunque no en todos (véase gráfico 5). Los datos de la tabla 2 reflejan que las subvenciones a los biocombustibles son ya relativamente costosas para los contribuyentes y los consumidores de las economías integradas en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Además, las políticas para promocionar la producción de biocombustibles han introducido nuevas distorsiones, tanto a escala local como mundial, en los mercados agrícolas que, ya de por sí, están sometidos a fuertes presiones y a un elevado nivel de protección. Con la aplicación de dichas políticas no se promueve la aplicación de criterios de eficiencia ni en lo que se refiere a la producción de los biocombustibles ni tampoco en la de las materias primas que se emplean para su obtención. Por lo tanto, resulta necesario revisar las políticas relacionadas con la producción de biocombustibles y considerar su eficacia a la hora de alcanzar los objetivos, así como su coste.

⁸ Las políticas que afectan a los biocombustibles líquidos se concretan, por lo general, en la concesión de subsidios destinados a influir en el atractivo económico de su producción, distribución y empleo y en la exención de impuestos especiales aplicados a los combustibles convencionales. Se considera que las políticas y la ayuda dirigidas a la producción y el consumo provocan los efectos de distorsión del mercado más significativos, mientras que las ayudas a la investigación y el desarrollo probablemente generan los efectos menos perturbadores.

TABLA 2. Estimaciones de apoyo total a los biocombustibles en algunas economías de la OCDE en 2006

Economías de la OCDE	ETANOL		BIODIÉSEL		TOTAL DE BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS	
	EAT	Cuota variable ¹	EAT	Cuota variable ¹	EAT	Cuota variable ¹
	(Miles de millones de USD)	(Porcentaje)	(Miles de millones de USD)	(Porcentaje)	(Miles de millones de USD)	(Porcentaje)
Estados Unidos de América ²	5,8	93	0,53	89	6,33	93
Unión Europea ³	1,6	98	3,1	90	4,7	93
Canadá ⁴	0,15	70	0,013	55	0,163	69
Australia ⁵	0,043	60	0,032	75	0,075	66
Suiza	0,001	94	0,009	94	0,01	94
Total	7,6	93	3,7	90	11,3	92

EAT = Estimaciones de apoyo total.
¹ El porcentaje de apoyo que varía con el incremento de la producción o del consumo e incluye el apoyo al precio de mercado, los pagos a la producción o los créditos fiscales, los créditos a los impuestos indirectos sobre carburantes y los subsidios a los insumos variables.
² Límite inferior de la serie comunicada.
³ Total para los 25 Estados miembros de la Unión Europea en 2006.
⁴ Estimaciones provisionales.
⁵ Los datos hacen referencia al ejercicio económico que comienza el 1° de julio de 2006.

Nota: Estos datos no incluyen las ayudas a la producción de materias primas agrícolas, que se calculan de forma separada en el apoyo total estimado para la agricultura.

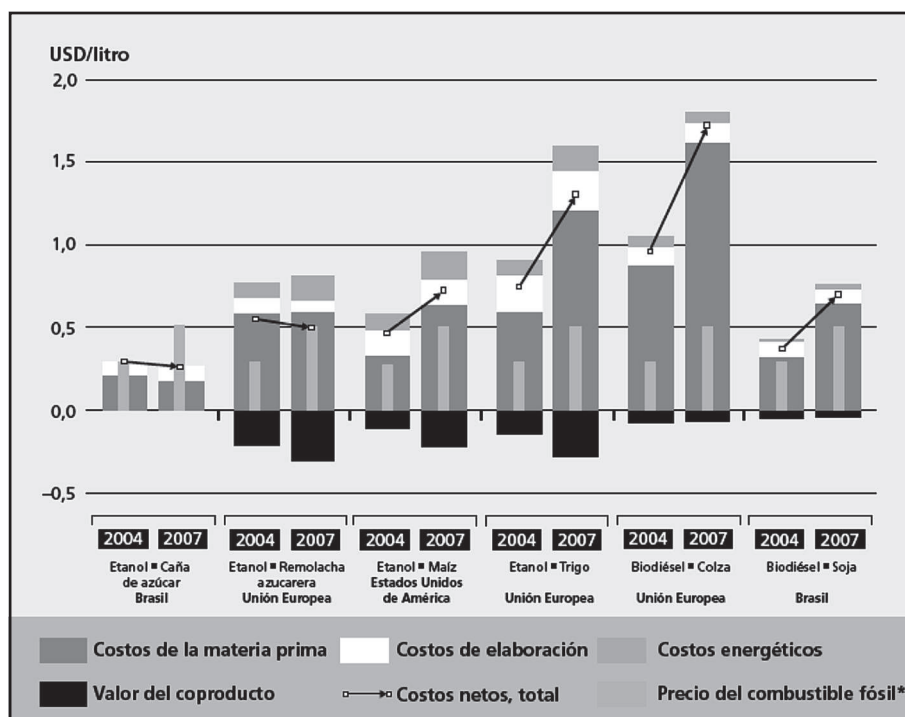
Fuente: R. Steenblik (2007); D. Koplow (2007); D. Quirke, R. Steenblik y B. Warner (2008).

En la actualidad aumenta la controversia sobre si el empleo de los biocombustibles contribuye o no a la consecución del desarrollo sostenible⁹. Las objeciones apuntan hacia las posibles consecuencias económicas y medioambientales derivadas del uso de aquellos y, además, sobre los conflictos sociales derivados de la competencia¹⁰

⁹ R. DOORNBOSCH y R. STEENBLIK (2007); T. SEARCHINGER et al. (2008); F. FARGIONE et al. (2008).

¹⁰ Los propios cultivos agrícolas compiten entre sí por los recursos productivos. Por ejemplo, una determinada parcela de tierra puede ser usada para cultivar maíz destinado a la producción de etanol o cultivar trigo para la elaboración de pan. Cuando la demanda de biocombustibles incrementa los precios de los productos usados como materias primas para su elaboración, los precios de todos los productos agrícolas que dependen de la misma base de recursos tenderán a aumentar. Por esta razón, producir biocombustibles a partir de cultivos que no se destinan a alimentación no implica, necesariamente, eliminar la competencia entre los alimentos y los combustibles; si se necesita la misma tierra y otros recursos tanto para los cultivos alimentarios como para el cultivo de materias primas que

GRÁFICO 5. Costes de la producción de biocombustible en algunos países, 2004 y 2007



* Precio neto de la gasolina o del diésel en los mercados nacionales.

Fuente: OCDE-FAO *Op. cit.*

por los recursos escasos al considerar usos alternativos de los mismos: la generación de energía o la producción de alimentos. El grado de competencia por los recursos entre ambas aplicaciones dependerá, entre otros factores, del progreso del rendimiento de los cultivos y de las tecnologías de conversión de biocombustibles. Esta competencia se podría reducir mediante los altos rendimientos que se conseguirían empleando las nuevas tecnologías, denominadas de segunda generación¹¹,

permiten obtener biocombustibles, sus precios seguirán la misma evolución, aun cuando las materias primas cultivadas no puedan emplearse para la alimentación.

¹¹ Este tipo de materias primas para biocombustibles comprende materiales orgánicos, ricos en celulosa,

basadas en el procesamiento de materias primas lignocelulósicas. No obstante, es poco probable que la producción de este nuevo tipo de biocombustibles resulte competitiva antes del año 2020¹².

A consecuencia de este amplio debate, cuyo origen se encuentra en el uso a gran escala de los biocombustibles y las posibles consecuencias que de ello se deriven, las políticas que promueven su empleo están cada vez más cuestionadas. En este sentido, en abril de 2008 el comité científico de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) recomendó la suspensión del objetivo europeo, mientras no exista evidencia suficiente sobre los beneficios y riesgos asociados al mismo, que se concreta en alcanzar una cuota del 20 por ciento de energías renovables en el consumo total de energía de la UE para 2020 y un objetivo vinculante mínimo del 10 por ciento, para todos los Estados miembros, con relación al porcentaje de biocombustibles en el conjunto de los combustibles (gasóleo y gasolina) de transporte consumidos en dicho año.

Por otro lado, en 2008 el Gobierno Federal de EEUU promulgó una ley, de aplicación en el sector de la energía, para impulsar el procesamiento de plantas y desechos agrícolas convirtiéndolos en combustible para automoción. Sin embargo, actualmente la consecución de los objetivos de futuro establecidos para la industria productora de etanol parece algo más que difícil. En el pasado inmediato las instalaciones en las que se obtiene este biocombustible a partir del maíz fueron aumentando en número. Sin embargo, en la actualidad, debido a la crisis económica y, en particular, a la grave situación que atraviesa la industria automovilística, el sector productor de etanol opera con exceso de capacidad y, por este motivo, algunas empresas de este país han comenzado ya a cerrar sus instalaciones.

4.1.1. Los biocombustibles y el cambio climático

Dado que las emisiones de GEI conllevan grandes riesgos para la habitabilidad del planeta, su reducción es uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias que apoyan a la producción de biocombustibles¹³. Por lo tanto, el

los cuales son aprovechados en su totalidad como biomasa. Son prometedores los cultivos energéticos de crecimiento rápido, cultivos leñosos tales como el sauce, álamo híbrido y el eucalipto, así como determinados tipos de pasto perenne. En este mismo sentido, otra posible alternativa para obtener materia prima la constituye la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos.

¹² G. DE SANTI (Ed.) (2007).

¹³ Por ejemplo, es el caso de la denominada Estrategia de la UE para los Biocombustibles.

cambio climático se considera hoy en día como un fenómeno de gran importancia a la hora de establecer las directrices tanto para las políticas energéticas como para las medioambientales. En este sentido, uno de los principales argumentos para promocionar la producción de biocombustibles es la oportunidad de reducir la emisión de GEI procedentes del sector del transporte. Esta cuestión también es objeto de un fuerte debate internacional. En numerosas investigaciones se han obtenido resultados diversos, siendo éste un hecho que no debiera causar extrañeza debido a la propia naturaleza de los procesos que se estudian. Algunas de las referidas investigaciones, que consideran el ciclo de vida¹⁴ completo de los biocombustibles, han confirmado que determinados procesos que permiten su obtención hacen posible alcanzar reducciones netas de las emisiones de GEI con respecto a los combustibles convencionales usados habitualmente en el transporte. La importancia de estos beneficios va a depender, en gran medida, del uso final que se haga del biocombustible, de las condiciones técnicas del proceso de producción¹⁵, de las labores y técnicas agrícolas empleadas en la producción de la biomasa, de la materia prima (biomasa) con la que se trabaje y del tipo de tierras en el que se lleve a cabo su cultivo, considerando, especialmente, los casos en los que se modifique el uso de la tierra en favor de aquellos cultivos dedicados específicamente a la producción de biocombustibles¹⁶.

El sector del transporte, incluyendo también aquellas emisiones asociadas al proceso de obtención de los combustibles fósiles que desde el mismo se demandan, es el responsable de aproximadamente la cuarta parte del total de emisiones de

¹⁴ En este caso el análisis del ciclo de vida es un instrumento que se emplea para estimar el balance de los GEI, es decir, el resultado de la comparación entre todas las emisiones de GEI, a lo largo de todas las fases de producción y de uso de un biocombustible, y todos los GEI emitidos en la producción y empleo de una cantidad equivalente de energía del combustible fósil correspondiente. La complejidad de los factores relativos al cambio del uso de la tierra han provocado su omisión en la mayor parte de los análisis del ciclo vital bioenergéticos, pero continúa siendo un aspecto fundamental que debe ser tenida en cuenta por los Gobiernos a la hora de formular las políticas nacionales sobre bioenergía.

¹⁵ En función de los métodos que se empleen para producir la materia prima y elaborar el combustible algunos cultivos pueden generar aún más GEI que los propios combustibles fósiles. Por ejemplo, el óxido nitroso, un gas de efecto invernadero que es liberado por los fertilizantes nitrogenados, tiene un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono. La emisión de GEI tiene lugar también en otras fases de la producción de biocultivos y biocombustibles tales como la producción de fertilizantes, plaguicidas y combustible empleados en la agricultura, la elaboración de productos químicos, el transporte, la distribución y hasta el uso final.

¹⁶ Por ejemplo, el carbono almacenado en los bosques o en los pastizales se libera del suelo cuando éstos son eliminados para destinar esas tierras a la producción de cultivos que se dedican a la fabricación de biocombustibles.

GEI, presentando además su evolución una tendencia creciente¹⁷. Si se consideran solamente las emisiones de CO₂ correspondientes a las últimas décadas, el uso de combustibles fósiles, principalmente en países desarrollados, ha representado entre el 75–85 por ciento del total de emisiones de dióxido de carbono; mientras la deforestación, la quema generalizada de vegetación, la cual tiene lugar principalmente en los países tropicales, la tala legal e ilegal de árboles, el uso de la biomasa leñosa como combustible y los cambios en el uso de la tierra, fundamentalmente en países tropicales desarrollados, son responsables del 15–25 por ciento restante¹⁸. Precisamente, la preocupación por el calentamiento global ha sido uno de los principales motivos que ha impulsado la producción de biocombustibles. Sin embargo, la percepción de que este otro recurso energético no provoca emisiones de GEI y que su uso, en detrimento de los combustibles fósiles, se traducirá en una reducción neta de emisiones no siempre es una ecuación sencilla de demostrar.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, si se considera el ciclo de vida completo de los biocombustibles, las emisiones de GEI pueden variar ampliamente dependiendo de los cambios introducidos en el uso de la tierra, la materia prima empleada para su producción, las prácticas agrícolas aplicadas sobre los cultivos, la tecnología utilizada en el proceso de refinado, etc. Por ejemplo, si las praderas de pastizales se reconvierten al cultivo del maíz o la soja, éstos son tratados con fertilizantes químicos y pesticidas; posteriormente, en el proceso de refinado del combustible se emplea carbón o gas natural, el biocombustible obtenido podría tener un impacto sobre el clima que, considerando su ciclo de vida completo, sería incluso superior al de los combustibles fósiles. Por el contrario, si cultivos perennes son sustituidos por cultivos anuales y en el procesamiento de la materia prima se emplea energía obtenida a partir de biomasa, el combustible resultante puede reducir significativamente las emisiones de GEI en comparación con el caso de los combustibles fósiles.

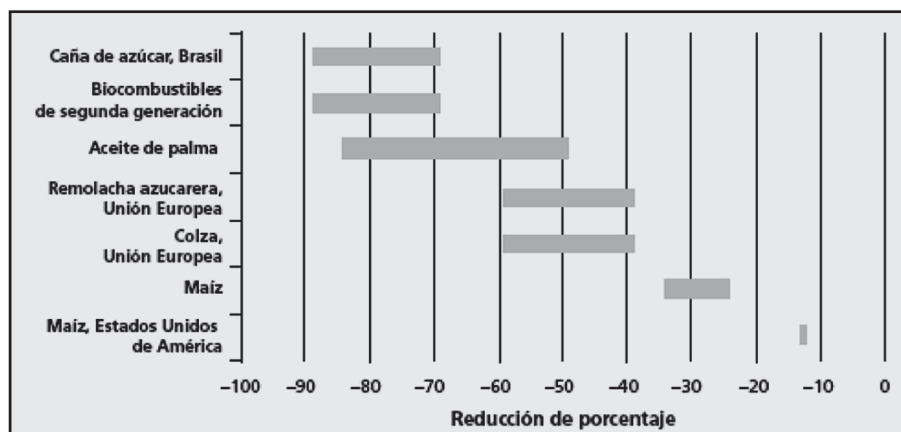
Las investigaciones sobre las emisiones netas de GEI, asociadas a la producción y el uso de bioenergía, aún no han concluido y las estimaciones varían ampliamente. En lo que se refiere a los biocombustibles para el transporte, varios estudios ponen de manifiesto que, incluso computando todos los inputs de origen fósil a lo largo de su ciclo de vida, la producción y uso de biocombustibles de primera generación permite conseguir reducciones de GEI (entre el 20 y el 60 por ciento)

¹⁷ ONU/UN-ENERGY (2007), p. 50.

¹⁸ ONU/UN-ENERGY Op. cit. p. 50.

en comparación con los combustibles derivados del pretróleo¹⁹ (véase gráfico 6). Esto sería a condición de que la obtención de la materia prima, necesaria para su producción, no implique la desaparición de selvas, junglas o bosques vírgenes. Por su parte, los biocombustibles de segunda generación, aunque siguen resultando insignificantes a nivel comercial, suelen ofrecer reducciones entre el 70 y el 90 por ciento en comparación con el diésel fósil y el petróleo, en este caso sin contabilizar el carbono emitido debido al cambio del uso de la tierra.

GRÁFICO 6. Estimaciones de reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de algunos biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles



Nota: No se incluyen las repercusiones del cambio en el uso de la tierra.

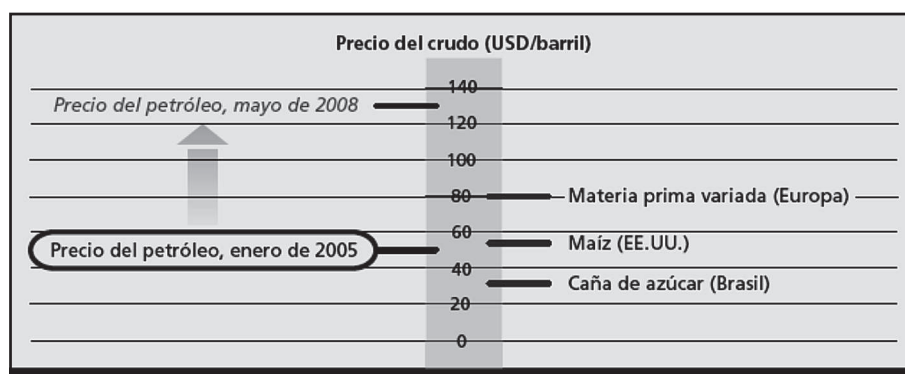
Fuente: *International Energy Agency (2006)* y *FAO (2008a)*.

Por otra parte, en diversos países se han llevado a cabo estudios que ponen de manifiesto que, con las tecnologías actuales, la competitividad de los biocombustibles depende de los precios de los combustibles fósiles, de los de las materias primas, de las productividades alcanzadas en el proceso agrícola e industrial y de las subvenciones públicas (fundamentalmente desgravaciones fiscales). La relación

¹⁹ Algunos estudios que incluyen estimaciones de las variaciones que experimentan las emisiones de GEI cuando se procede a sustituir los combustibles convencionales por biocombustibles se pueden encontrar en: *WORLDWATCH INSTITUTE (2007)*, pp. 177-182; *OCDE (2008)*, pp.80-83; *CIEMAT (2005)*, pp. 68-70; *CIEMAT (2006)*, pp. 48-51; *DE SANTI, G.*, op. cit., pp. 7-11.

diferirá según los cultivos, los países, los lugares y las tecnologías empleadas en la producción de biocombustibles. Como ya se ha indicado previamente, los biocombustibles son una alternativa, relativamente cara, para conseguir disminuciones en las emisiones de GEI en relación con otras alternativas disponibles, alcanzando la reducción de emisiones de CO₂ equivalente²⁰ un coste superior a 135€ por tonelada²¹. La única excepción sería Brasil, donde el etanol obtenido a partir de la caña de azúcar es más barato que la gasolina siempre que el precio del barril de crudo esté por encima de los 50\$²² (véanse gráficos 7 y 8). En general, los biocombustibles no pueden competir, sin subsidios, con los combustibles fósiles, incluso considerando los elevados precios que ha alcanzado el crudo en los últimos dos años.

GRÁFICO 7. Precios de rentabilidad mínima para el crudo y algunas materias primas en 2005



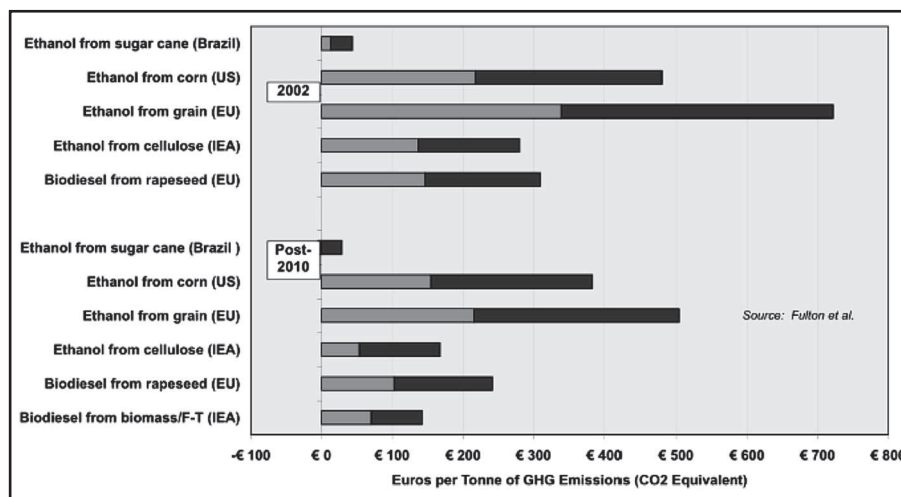
Fuente: J. Schmidhuber, (2006).

²⁰ Para medir el impacto sobre el cambio climático se transforman todos los gases de efecto invernadero a la cantidad de CO₂ equivalente. Podemos utilizar así como unidad la tonelada de CO₂ equivalente.

²¹ WORLDWATCH INSTITUTE, op. cit. p. 189.

²² Un análisis completo de esta cuestión se puede encontrar en L. FULTON et al. (2004).

GRÁFICO 8. Coste de producción del biocombustible por tonelada de GEI no emitida



Nota: El valor bajo (verde) y el valor alto (morado) se fijaron utilizando el coste más alto/menor estimación de reducción de GEI, y el coste más bajo/mayor estimación de reducción de GEI para cada una de las opciones. A continuación, se tomó el percentil del 25% y del 75% de este rango para representar la estimación baja y alta respectivamente. En algunos casos, los rangos se fijaron en torno a la estimación para reflejar la incertidumbre.

Fuente: *WORLDWATCH INSTITUTE, op. cit., p. 189.*

En definitiva:

1. En el caso particular del sector del transporte existen, en términos de coste, otras opciones más efectivas que los biocombustibles para lograr reducciones significativas de emisiones de GEI como pueden ser la promoción del transporte público, la mejora de la eficiencia en el consumo de los vehículos, los cambios en la planificación urbanística, etc. No obstante, y de cara a un futuro próximo, el desarrollo de la segunda generación puede que permita la reducción tanto de las emisiones de GEI como de su propio coste de obtención. En particular, las mejoras técnicas que propicien la conversión de materiales lignocelulósicos en combustible harán factible la disminución considerable de emisiones de GEI procedentes del sector del transporte. En este caso seguro que habrá que afrontar también el eterno problema de la escasez de recursos naturales.

2. En particular, para el sector del transporte, los biocombustibles son una alternativa válida de cara a reducir las emisiones de GEI. No obstante, considerando un ámbito más general, la mejora de la eficiencia y la conservación energéticas, el aumento de la captura de carbono mediante la reforestación, los cambios en las prácticas agrícolas, el uso de mejores aislantes en los edificios nuevos, una mayor eficiencia de los sistemas de calefacción y de aire acondicionado o el empleo de otras formas de energía renovable pueden resultar alternativas más interesantes.

4.1.2. Los biocombustibles y la biodiversidad

La producción de biocombustibles puede afectar de manera positiva y negativa tanto a la biodiversidad silvestre como a la agrícola. En general, la biodiversidad silvestre se reduce en aquellos casos en los que se pierden hábitats naturales debido a la expansión de las zonas destinadas a cultivo, mientras que la biodiversidad agrícola se ve afectada por los monocultivos a gran escala.

La primera vía para la pérdida de biodiversidad es la eliminación de hábitats como resultado de la conversión de tierras, como bosques o praderas, para cultivos. Muchos de los cultivos que se destinan a la producción de biocombustibles son apropiados para zonas tropicales y esto aumenta los incentivos, en algunos países, para convertir ecosistemas naturales en plantaciones de materia prima, como la palma de aceite, lo que causa una pérdida de biodiversidad en estas áreas. Por lo tanto, su expansión podría provocar la desaparición de selvas húmedas. Aunque la pérdida de hábitats naturales, mediante la conversión de tierras para la producción de materias primas para biocombustibles, ya ha tenido lugar en algunos países, todavía no se dispone de evidencias suficientes para evaluar su magnitud y sus consecuencias.

La segunda vía más importante señalada es la pérdida de biodiversidad en la agricultura causada por la uniformidad genética de los cultivos. La mayoría de las plantaciones de materias primas para biocombustibles toman como base una sola especie, lo cual determine un aumento de la vulnerabilidad de esos cultivos ante nuevas plagas y enfermedades.

Por otro lado, algunos de los cultivos de segunda generación que se emplean para la obtención de biocombustibles están catalogados como especies invasoras (la caña común, la jatrofa, etc.), lo cual plantea nuevos problemas de gestión para evitar así efectos no deseados. La biodiversidad agrícola podría verse afectada

por las prácticas monocultivo a gran escala y por la introducción de material modificado genéticamente²³.

Considerando ahora los efectos positivos sobre la biodiversidad, en ciertos casos de áreas degradadas o marginales, en las que se ha procedido a introducir cultivos como la yuca, el ricino, el sorgo azucarado y la jatrofa, al igual que cultivos arbóreos que toleran unas condiciones secas, como el eucalipto, se han conseguido beneficios tales como la restauración de la vegetación degradada, el incremento en la captura de carbono y la disponibilidad de nuevos servicios medioambientales a escala local. No obstante, el cultivo en tierras marginales de cualquier especie, con aportes bajos de agua y nutrientes, va a ofrecer siempre un rendimiento inferior. Para lograr rendimientos comercialmente aceptables, incluso considerando cultivos evolucionados a largo plazo, sigue siendo necesario el suministro de nutrientes, agua y la gestión adecuada de los mismos. Esto implica, por tanto, que esos cultivos en tierras marginales van a competir con aquellos otros, cuyo destino es la alimentación humana, por conseguir los inputs antes mencionados. Por último, en relación con esta misma cuestión, numerosos estudios ponen de manifiesto que el rendimiento económico obtenido a partir del uso agrícola de buenas tierras es siempre mayor que cualquier coste adicional. Por lo tanto, dada esta circunstancia, es bastante probable que la producción creciente de biocombustibles incremente la demanda de buenas tierras para cultivo en las que sea posible obtener mayores beneficios.

4.1.3. Los biocombustibles y la agricultura

La expansión y el crecimiento de los mercados energéticos en la actualidad como resultado de la aplicación años atrás, en bastantes países desarrollados y algunos países en desarrollo, de nuevas políticas energéticas y medioambientales están transformando el papel de la agricultura. Más importante aún es el papel de este sector como proveedor de materias primas para la producción de biocombustibles, en particular etanol y biodiésel, que se destinan al transporte. La bioenergía moderna constituye una nueva fuente de demanda de productos agrícolas por lo que abre perspectivas para la obtención de nuevos ingresos y la creación de empleo. Al mismo tiempo, genera una competencia, sobre todo a corto plazo, por los recursos naturales, particularmente la tierra y el agua²⁴, si bien a la larga el aumento

²³ Más detalles al respecto pueden consultarse en The Global Invasive Species Programme (2009).

²⁴ La producción de más materia prima para la obtención de biocombustibles afectará tanto a la

de los rendimientos de los cultivos podría ayudar a reducir esa competencia. La pugna por la tierra se convierte en un problema sobre todo cuando algunos de los cultivos, por ejemplo, el maíz, el aceite de palma y la soja, que actualmente se cosechan para producir alimentos y pienso, se destinan a la producción de biocombustibles, o cuando se convierten tierras agrícolas no cultivadas, orientadas hacia la producción de alimentos, en tierras para producir biocombustibles.

Las políticas sobre biocombustibles tienen repercusiones importantes en los mercados, en el comercio, en los precios de los productos agrícolas y en los precios de este tipo de combustibles. Además, influyen en la localización y el desarrollo de la industria de biocombustibles en el contexto internacional de manera que su producción no se lleva a cabo en las zonas más convenientes desde un punto de vista económico o medioambiental. Las tendencias actuales de producción, consumo y comercio de biocombustibles están fuertemente influenciadas por las políticas vigentes, especialmente por aquellas que se aplican en la UE y en EEUU, las cuales promueven la producción y el consumo de biocombustibles a la vez que protegen a los productores nacionales. En relación con este hecho, las políticas comerciales discriminan a los productores de materia prima para biocombustibles que actúan en países en desarrollo y dificultan la aparición en ellos de sectores para la elaboración y exportación de aquellos. En este sentido, muchos de los países más pobres del mundo están bien posicionados, desde el punto de vista agroecológico, para convertirse en importantes productores de biomasa para la obtención de biocombustibles líquidos, o para responder, en general, al aumento de los precios agrícolas. No obstante, siguen enfrentándose con muchas de las limitaciones que en el pasado les han impedido materializar las oportunidades de crecimiento provenientes del ámbito agrícola.

La ampliación de la producción de biocombustibles, dondequiera que ocurra en el mundo, contribuye al aumento de los precios y los países se ven afectados independientemente de que cultiven o no las materias primas que se emplean en su obtención. Al mismo tiempo, el aumento de los precios de la energía ha determinado un aumento en los costes de los inputs que se usan para producir los fertilizantes. El aumento de la productividad agrícola será fundamental para evitar incrementos, a largo plazo, de los precios de los alimentos y la excesiva presión que derive en la ampliación de las superficies cultivadas, con los correspondientes efectos perjudiciales que ello tendría sobre el medio ambiente.

calidad como a la cantidad de agua disponible. En muchos contextos, la escasez de agua, y no de tierras, podría resultar un factor limitante de cara a hacer viables los cultivos que sirven de base en los procesos productivos de los biocombustibles.

Por lo tanto, las políticas de biocombustibles mencionadas anteriormente están contribuyendo a configurar la economía agrícola mundial de manera que pueden producirse consecuencias no deseadas tanto para los países que aplican estas medidas como para el resto. Todos los países se ven afectados, produzcan o no este tipo de combustibles. Una expansión productiva abandonada a la libre iniciativa empresarial y estimulada por los elevados precios en los mercados de las materias primas puede tener efectos nefastos sobre el medio ambiente y sobre la disponibilidad de alimentos, al menos en muchos países con escasos o inexistentes controles medioambientales y con equilibrios alimentarios muy frágiles²⁵.

Los vínculos históricos entre el sector agrícola y el sector energético se están reforzando y están modificando sus características. En definitiva, estas políticas tienen efectos en la producción y en las rentas agrícolas, los precios de los productos básicos y la disponibilidad de alimentos, los rendimientos de la tierra y otros recursos, el empleo rural²⁶ y los mercados energéticos.

4.1.3.1. Los biocombustibles y el uso de la tierra

Cada vez parece más claro que las futuras sociedades sostenibles deberán emplear recursos renovables, es decir, energías renovables, en lo que a la energía respecta, y biomasa en lo relativo al empleo de materiales. Por tal motivo, en los próximos años es de esperar que, como ya se apuntó anteriormente, aumente la competencia de cara a disponer de algunos recursos básicos y, a la vez, escasos como son el suelo fértil, el agua, etc.

Determinadas alteraciones en el uso de la tierra, la preservación de los bosques autóctonos y la expansión de los recursos forestales, como mecanismos para crear sumideros de carbono, han adquirido una importancia considerable, en especial en el contexto de las negociaciones para el seguimiento de los acuerdos que quedaron incorporados al Protocolo de Kioto. Además, los bosques del planeta proporcionan importantes servicios ecosistémicos que resultan ser el soporte básico para los ciclos del agua, los nutrientes y la atmósfera. Habida cuenta del impacto

²⁵ C. Tió (2008), p. 262.

²⁶ Por lo que respecta a los efectos sobre el empleo, es más probable que la creación neta de empleo ocurra si la producción de materias primas para biocombustibles no desplaza otras actividades agrícolas o si las actividades desplazadas requieren una utilización menos intensiva de mano de obra. El resultado variará en función de la dotación de un país en cuanto a disponibilidad de tierras y mano de obra, de los cultivos utilizados como materia prima y de los cultivos que se producían con anterioridad.

futuro del cambio climático sobre la productividad agrícola y el aumento notable que va a experimentar la demanda de alimentos, durante los próximos años se requiere una cuidadosa planificación sobre los usos que deben darse al suelo, en general, a las tierras agrícolas disponibles y también a las no disponibles pero que potencialmente pueden dedicarse a cultivo.

En los últimos 50 años la mayor parte del incremento experimentado por la producción agrícola mundial ha venido determinado, en gran medida, tanto por el aumento de los rendimientos como por la ampliación de las áreas cultivadas y por la mayor frecuencia de cultivo²⁷. En los últimos años la tasa de crecimiento de la demanda de biocombustibles supera, con creces, los valores históricos de crecimiento de la demanda de productos agrícolas y de aumento del rendimiento de los cultivos. Por lo tanto, el cambio del uso de la tierra y las repercusiones medioambientales derivadas de la expansión de la demanda de este tipo de combustibles podrían convertirse en un problema importante tanto si se consideran las tecnologías de primera como de segunda generación. A corto plazo ese aumento de la demanda de biocombustibles podría atenderse mediante la expansión de las áreas destinadas al cultivo de las materias primas mientras que, a medio y largo plazo, podrían empezar a influir la mejora de las variedades de dichos cultivos, los cambios en las prácticas agrícolas y las nuevas tecnologías como, por ejemplo, la conversión celulósica. Por tanto, la aparición de una nueva demanda de tierra para la obtención de biocombustibles de primera generación tiene efectos inevitablemente aditivos y, en consecuencia, va a afectar primariamente a las funciones medioambientales de la agricultura.

La Agencia Internacional de la Energía²⁸ prevé que, en las próximas décadas, las tierras utilizadas en todo el mundo para la producción de biocombustibles y de productos derivados de ellos se tripliquen o cuadrupliquen en función de las políticas empleadas, produciéndose el proceso, con mayor rapidez, en Europa y América del Norte (véase tabla 3). Las proyecciones de la OCDE-FAO²⁹ sugieren que estas tierras serán el resultado de un cambio, a escala mundial, al cultivo de cereales en la próxima década.

²⁷ Consúltense al respecto: FAO (2003); P. HAZELL y S. WOOD (2008).

²⁸ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2007).

²⁹ OCDE-FAO, *op. cit.*

TABLA 3. Necesidades de tierras para la producción de biocombustibles

GRUPO DE PAÍSES	2004		2030					
			Hipótesis de referencia		Hipótesis de políticas alternativas		Hipótesis de biocombustibles de segunda generación	
	(Millones de ha)	(Porcentaje de superficie cultivable)	(Millones de ha)	(Porcentaje de superficie cultivable)	(Millones de ha)	(Porcentaje de superficie cultivable)	(Millones de ha)	(Porcentaje de superficie cultivable)
África y Cercano Oriente	-	-	0,8	0,3	0,9	0,3	1,1	0,4
América Latina	2,7	0,9	3,5	2,4	4,3	2,9	5,0	3,4
Asia en desarrollo	-	-	5,0	1,2	10,2	2,5	11,8	2,8
Economías en transición	-	-	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Estados Unidos de América y Canadá	8,4	1,9	12,0	5,4	20,4	9,2	22,6	10,2
OCDE Pacífico	-	-	0,3	0,7	1,0	2,1	1,0	2,0
Unión Europea	2,6	1,2	12,6	11,6	15,7	14,5	17,1	15,7
Mundo	13,8	1,0	34,5	2,5	52,8	3,8	58,5	4,2

Nota: - = insignificante.

Fuente: FAO (2008b), International Energy Agency (2006).

Las posibles repercusiones del cambio indirecto del uso de la tierra, causado por el aumento en la producción de los biocombustibles, se describen en varios trabajos recientes³⁰. Se prevé que, en función de las condiciones normativas y de mercado, la extensión del cultivo de maíz en EEUU, dedicada a la producción de etanol, podría alcanzar los 12,8 millones de hectáreas o más hasta el año 2016. Por tal motivo, las reducciones inducidas en la extensión destinada a la soja, el trigo y otros cultivos podrían provocar el incremento de los precios y la disminución de la producción de esos cultivos en otros países. Tal circunstancia podría determinar la puesta en cultivo de unos 10,8 millones de hectáreas de tierras en todo el mundo. Si la expansión proyectada de las tierras de labor sigue las pautas observadas en la década de los 90, afectaría principalmente a bosques de Europa, América Latina, Asia sudoriental y el África subsahariana, al igual que a pastizales en el resto del mundo.

En definitiva, el empleo de biomasa para la producción de energía puede llegar a condicionar el desempeño de las diferentes funciones, tanto sociales como medio-ambientales, que ejerce (ya sea como tierras de cultivo, bosques u dedicada a

³⁰ Consúltase: D. K. BIRUR, T. W. HERTEL y W. E. TYNER (2007); T. SEARCHINGER et al., op. cit.; M. BANSE, et al. (2008).

otros usos) la tierra disponible en la actualidad. La orientación que se le dé a esta otra forma de usar la tierra y su magnitud tendrán una influencia notable sobre los beneficios sociales y ecológicos que la humanidad puede obtener de toda la tierra productiva disponible. Lo que no tendría que cuestionarse, en ningún caso, es la preferencia de los usos alimentarios de la tierra y la soberanía alimentaria. Deben encontrarse fuentes de energía alternativas para sustituir a los combustibles fósiles, pero es seguro que no se puede proponer sustitutivo alguno para los alimentos. Incluso analistas más bien conservadores, como los economistas de la Universidad de Minnesota Runge y Senauer, advierten en publicaciones como *Foreign Affairs*³¹ contra la fiebre de la producción de etanol a partir del empleo de cereales como materia prima. Argumentan que si los planes estadounidenses para producir etanol a partir del maíz siguen adelante, podría haber en el año 2025 unos 1.200 millones de personas padeciendo hambre y desnutrición, 600 millones más de los que se proyectaban previamente.

4.1.3.2. Los biocombustibles y la crisis alimentaria

El rápido crecimiento de la producción de biocombustibles afecta a la seguridad alimentaria tanto en el ámbito nacional como en el de los hogares, principalmente a través de sus efectos sobre los precios de los alimentos y sobre los ingresos³². Y no se trata de un fenómeno pasajero o coyuntural, sino que refleja un cambio estructural en los mercados mundiales de productos agrarios y de alimentación y que, en consecuencia, para resolver esta situación resulta necesario introducir cambios en las políticas agrarias.

El aumento de los precios de los alimentos ha provocado un empeoramiento en la situación de aquellas familias compradoras netas de alimentos tanto en zonas urbanas como rurales, mientras que las familias del ámbito rural mejor capacitadas, que son vendedoras netas de alimentos, han podido beneficiarse del aumento de los ingresos derivados de la subida de precios. Además, para los hogares más pobres, la compra de alimentos representa, en general, la mitad y, a veces, incluso más, del total de sus gastos. De ello se deduce que los aumentos de los precios de los alimentos repercuten sensiblemente en su bienestar y nutri-

³¹ C. FORD y B. SENAUER (2007). También puede consultarse en <http://www.foreignaffairs.org/20070501faessay86305/c-ford-runge-benjamin-senauer/how-biofuels-could-starve-the-poor.html>.

³² La FAO, el Banco Mundial y el FMI han alertado sobre la gravedad de la situación.

ción³³. Por otro lado, si bien los aumentos de los precios de los alimentos tenderán a menoscabar el poder adquisitivo de las poblaciones rurales pobres, existe también la posibilidad de que este grupo se vea favorecido debido a que la demanda de mano de obra agrícola, que es una fuente primaria de ingresos, experimente un aumento. Ciertamente, las familias pobres y sin tierras generalmente dependen, en gran medida, del trabajo asalariado no especializado para obtener ingresos. Los aumentos de los precios agrícolas, al estimular la demanda de mano de obra no especializada en las zonas rurales, pueden propiciar incrementos a largo plazo de los salarios agrícolas, lo que redundaría en beneficio de los hogares de mano de obra asalariada, así como de los agricultores autónomos.

Como ya se ha apuntado, los precios de los productos agrícolas se han incrementado de manera considerable durante los últimos años debido al influjo de varios factores entre los que se encuentra también la demanda de biocombustibles³⁴. El índice de precios nominales de los alimentos de la FAO se ha doblado desde 2002 y el índice de precios reales también ha aumentado rápidamente (véase gráfico 4 en p. 10).

En todo caso, es importante que el aumento de los precios beneficie, por lo menos, a los agricultores, de modo que se desencadene una posible respuesta de la oferta. La implantación de prohibiciones de la exportación y controles de los precios, tal y como se ha producido en muchos países en 2008, en un intento de proteger a los consumidores ante los elevados precios, impide que los mercados se adapten y, aunque proporcionan un alivio aparente a corto plazo, en realidad pueden prolongar y ahondar la crisis de la seguridad alimentaria. Si se permite que funcionen los mercados y que se transmitan las señales de los precios de un modo efectivo a los productores, el aumento de los mismos incentivará el incremento de la producción y del empleo, lo que, a largo plazo, puede ayudar a aliviar la situación.

³³ El Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) ha estimado que el aumento de la producción de biocombustibles haría aumentar los precios del maíz, las semillas oleaginosas, la yuca y el trigo en un 26, 18, 11 y 8 por ciento, respectivamente, dando lugar a una disminución de la ingestión calórica de entre el 2 y el 5 por ciento y a un aumento de la malnutrición infantil del 4 por ciento en promedio (MSANGI, 2008). No obstante, se trata de cifras a escala global, por lo que los resultados variarían entre los diferentes países y regiones.

³⁴ Un estudio realizado en Brasil emplea imágenes de satélite para demostrar que la tasa de conversión de la selva amazónica en tierra de cultivo tiene que ver con los precios mundiales de la soja: cuanto más alto es el precio de la soja, tanto mayor es la tala de selva tropical. Parece claro que la demanda de bioetanol está disparando el precio a medida que las hectáreas de soja se convierten en cultivos de maíz para bioetanol destinado a los Estados Unidos (AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE, 2009).

Episodios de precios elevados, al igual que de precios bajos, son relativamente frecuentes en los mercados agrícolas individuales y, de hecho, el precio de algunos productos ya comenzó a disminuir a mediados de 2008 debido a la obtención de cosechas que superaban, al alza, las previsiones³⁵. Sin embargo, lo que distingue la situación actual de los mercados agrícolas en todo el mundo es el importante incremento de los precios de casi todos los principales productos alimenticios y de los piensos, así como la posibilidad de que los precios se mantengan altos, tal y como apuntan algunas previsiones³⁶, una vez que se hayan superado los efectos de la crisis a corto plazo. Los factores que han provocado tal situación han sido varios, aunque no resultaría fácil precisar la contribución de cada uno de ellos:

1. Sin duda alguna, una de las razones fundamentales ha sido el fortalecimiento de la relación entre mercados de diversos productos agrícolas, es decir, cereales, semillas oleaginosas y productos agropecuarios, como resultado del rápido crecimiento experimentado tanto por la economía mundial como por la población de algunos países emergentes. La fuerte expansión económica acontecida en determinados países ha provocado un crecimiento de la renta en poblaciones con elevada propensión al consumo de alimentos.
2. Aunque es un fenómeno ya comentado previamente, ha jugado un papel importante en todo este proceso el refuerzo de la relación entre los mercados de los productos agrícolas y los mercados de los combustibles fósiles y bio-combustibles, que ha influido tanto en los costes como en la demanda de los productos agrícolas.
3. Otro desencadenante del aumento de los precios de los alimentos básicos ha sido la disminución de la producción de cereales en los principales países exportadores, una tendencia que comenzó en 2005 y continuó en 2006, con descensos anuales de un 4 y un 7 por ciento respectivamente. Afortunadamente, en el periodo 2007–2008, la cosecha mundial de cereales ha sido récord histórico de producción, esperándose otro récord en 2008–2009 según datos manejados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).
4. Otro factor determinante en la evolución de los mercados agrícolas ha sido la disminución de los stocks agrícolas. En las últimas campañas se han ido acu-

³⁵ FAO (2008b).

³⁶ OCDE-FAO, op. cit.

mulando pequeños pero continuos déficit de la oferta respecto a la demanda mundial. La crisis de la producción, junto con la reciente escasez de reservas, contribuyeron a crear el marco idóneo para que los precios experimentaran ese rápido repunte.

5. El reciente encarecimiento del barril de petróleo también ha elevado los costes de obtención de los productos agrícolas. Esta circunstancia ha encarecido el uso de inputs básicos como los fertilizantes y el gasóleo agrícola.
6. Las turbulencias en los mercados financieros han influido en la evolución de los mercados agrícolas como, de hecho, en los de otras muchas materias primas. Pero la entrada de capital especulativo en los mercados de futuros agrícolas puede haberse visto estimulada por las decisiones adoptadas en materia de biocombustibles. No son habituales compromisos gubernamentales que establecen la obligatoriedad de utilizar un producto en proporciones crecientes a lo largo de la próxima década. Con ella se garantizan legalmente incrementos continuos en su consumo, sin adoptarse medidas paralelas de expansión en la oferta, lo cual provoca una situación de escasez duradera. En un escenario como este no es de extrañar que se hayan formado expectativas muy favorables respecto a la evolución en los mercados de cereales y oleaginosas³⁷.
7. Por último, el aumento de las tasas de los fletes, las cuales se duplicaron entre febrero de 2006 y febrero de 2007, determinó que el coste del transporte de los alimentos hasta los países importadores se viese también afectado negativamente.

Sin embargo, la tendencia reciente de los precios es necesario considerarla en un contexto temporal más amplio. En el gráfico 8 se observa que, aunque los precios reales de los productos han aumentado rápidamente en los últimos años, siguen siendo bastante más bajos que los que se alcanzaron en las décadas de los 70 y 80. En términos reales, los precios de los cereales secundarios son inferiores a los valores máximos alcanzados a mediados de la década de los 90. Por lo tanto, existen precedentes de la crisis actual y, por ello, las propuestas normativas deberían considerar la naturaleza cíclica de los mercados de productos básicos. Algunos de los factores que determinan los altos precios actuales son coyunturales y su influencia se diluirá a medida que la normalidad se recupere. Otros factores, por el contrario, son de carácter estructural y, por ello, continuarán empujando los

³⁷ C. Tió, op. cit., p. 264.

precios al alza. A pesar de que tal circunstancia constituya una amenaza inmediata para la seguridad alimentaria de los consumidores pobres del mundo, a largo plazo representan una oportunidad para el desarrollo agrícola. Esta oportunidad sólo podrá aprovecharse en aquel momento y lugar en el que el sector agrícola tenga la capacidad de responder a los incentivos de los precios y, en especial, cuando los agricultores pobres puedan participar en la respuesta de la oferta. El aumento de la demanda de biocombustibles puede transformar la disminución a largo plazo de los precios reales de los productos agrícolas que durante décadas ha desalentado la inversión, tanto pública como privada, en la agricultura y las zonas rurales de muchos países en desarrollo.

5. Conclusiones

La producción y utilización de biocombustibles contribuye a la ralentización o reducción del fenómeno de calentamiento global. Aunque su uso no bastará por sí mismo para detener el cambio climático, puede constituir un instrumento más de cara a la consecución de ese objetivo, pero teniendo presentes las siguientes posibles consecuencias y evidencias:

- La manera en la que se realice la transición hacia el empleo generalizado de los biocombustibles va a determinar, en gran medida, la naturaleza y la magnitud de los impactos medioambientales, económicos y sociales que dicho uso provoque.
- La demanda de biocombustibles podría someter a una presión adicional a la base de recursos naturales, lo que a su vez podría derivar en perjuicios medioambientales y sociales, en particular para quienes carecen todavía de acceso a la energía, los alimentos, la tierra y el agua.
- En general, entre las opciones para reducir las emisiones de GEI que se están considerando en la actualidad, los biocombustibles son una alternativa válida aunque, en muchos casos, la mejora de la eficiencia y la conservación energéticas, el aumento de la captura de carbono mediante la reforestación, los cambios en las prácticas agrícolas, el uso de mejores aislantes en los edificios nuevos, una mayor eficiencia de los sistemas de calefacción y de aire acondicionado o el empleo de otras formas de energía renovable resultan ser también alternativas interesantes.

- En el caso particular del sector del transporte existen, en términos de coste, otras opciones más efectivas que los biocombustibles para lograr reducciones significativas de emisiones de GEI como pueden ser la promoción del transporte público, la mejora de la eficiencia en el consumo de los vehículos, los cambios en la planificación urbanística, etc. Los biocombustibles son una alternativa, relativamente cara, para conseguir disminuciones en las emisiones de GEI en relación con otras alternativas disponibles, alcanzando la reducción de emisiones de CO₂ equivalente un coste superior a 135€ por tonelada³⁸. En general, los biocombustibles no pueden competir³⁹, sin subsidios, con los combustibles fósiles, incluso considerando los elevados precios que ha alcanzado el crudo en los últimos dos años.
- La producción de biocombustibles puede afectar de manera negativa tanto a la biodiversidad silvestre como a la agrícola. En general, la biodiversidad silvestre se reduce en aquellos casos en los que se pierden hábitats naturales debido a la expansión de las zonas destinadas a cultivo, mientras que la biodiversidad agrícola se ve afectada por los monocultivos a gran escala.
- Las tendencias actuales de producción, consumo y comercio de biocombustibles están fuertemente influenciadas por las políticas vigentes, especialmente por aquellas que se aplican en la UE y en EEUU, las cuales promueven la producción y el consumo de biocombustibles a la vez que protegen a los productores nacionales. Dichas medidas están contribuyendo a configurar la economía agrícola mundial de manera que pueden producirse consecuencias no deseadas tanto para los países que las aplican como para el resto.
- La aparición de una nueva demanda de tierra para la obtención de biocombustibles de primera generación tiene efectos inevitablemente aditivos y, en consecuencia, va a afectar primariamente a las funciones medioambientales de la agricultura.
- La posibilidad de producir bioenergía a gran escala entraña riesgos considerables para el medio ambiente debido, sobre todo, al cambio que se daría en los usos del suelo. Los suelos y las plantas son los dos principales almacenes de CO₂ en nuestro planeta: contienen el doble de carbono que la atmósfera. El

³⁸ WORLDWATCH INSTITUTE, op. cit., p. 189.

³⁹ En este sentido, las ventajas competitivas de los combustibles convencionales derivan, en lo que a la determinación de su coste se refiere, de la no consideración del ciclo de vida completo, obviándose, por lo tanto, en el cálculo los costes externos asociados a su producción.

hecho de convertir grandes extensiones boscosas, turberas o pastos en cultivos para biocombustibles liberaría más CO₂ del que se ahorraría. Por lo tanto, para evitar estos efectos negativos es necesario implementar, en el contexto internacional, políticas sostenibles que limiten los cambios de uso del suelo de manera que no se agraven aún más los problemas que presenta el medio ambiente a escala global.

- El creciente consumo de alimentos en todo el mundo y la demanda adicional de biocombustibles está propiciando la expansión de las tierras de cultivo del mundo a expensas de los pastizales naturales y las selvas tropicales. Se estima que la deforestación y las prácticas agrícolas son actualmente responsables de un 20 por ciento de las emisiones de GEI. La conversión a gran escala de los bosques en tierras de cultivo aumenta esta proporción y tiene graves impactos sobre la biodiversidad. La conversión de extensas zonas de hábitats naturales o de explotaciones agrícolas tradicionales a un régimen de producción intensiva de bioenergía afecta también a la vida silvestre y la cantidad y calidad de los recursos hídricos disponibles.
- La ampliación de las tierras de cultivo en Europa para satisfacer la demanda combinada de alimentos y combustible, aún siendo muy limitada, tendría serios impactos en la biodiversidad europea y dañaría los recursos hídricos y edáficos. Los efectos en cadena, denominados cambios indirectos de uso del suelo, producirían impactos en otras partes del mundo. A medida que Europa recortase las exportaciones de madera, otras partes del mundo aumentarían la producción de este recurso.
- El rápido crecimiento de la producción de biocombustibles afecta a la seguridad alimentaria tanto en el ámbito nacional como en el de los hogares, principalmente a través de sus efectos sobre los precios de los alimentos y sobre los ingresos.
- Las políticas para promocionar la producción de biocombustibles han introducido nuevas distorsiones, tanto a escala local como mundial, en los mercados agrícolas que, ya de por sí, están sometidos a fuertes presiones y a un elevado nivel de protección.
- El aumento de la demanda de biocombustibles es uno de los diversos factores que han contribuido al reciente aumento de los precios de los alimentos en todo el mundo. La OCDE estima que las medidas de apoyo a los biocombustibles actuales y previstas en la UE y los EEUU provocarán a medio plazo un aumento del 8, 10 y 33 por ciento de los precios medios del trigo, del maíz y de los aceites vegetales, respectivamente.

Además de todos estos factores, que ya de por sí introducen elementos importantes de duda sobre la idoneidad de establecer políticas de promoción de los biocombustibles, se ha de unir cómo ha evolucionado en los últimos años el factor tecnológico.

El sector del automóvil evoluciona hacia el vehículo eléctrico como línea estratégica de futuro⁴⁰. Las razones son de peso, el motor eléctrico es cuatro veces más eficiente que el de combustión, lo único que ha retenido hasta ahora a los fabricantes es la cuestión de las baterías; su autonomía y la logística relacionada con la recarga. Sin embargo estos aspectos están en vías de solución. En el primer caso con el desarrollo de baterías de litio⁴¹ con una duración muy superior a las tradicionales y en el segundo caso cambiando el rol de las gasolineras tradicionales que pasarían a ser *electrolineras*, puntos de sustitución de baterías agotadas por baterías cargadas, por lo que la recarga doméstica pasaría a ser una posibilidad pero no la única ni principal. Estos centros de recarga de baterías aprovecharían las horas valle de consumo eléctrico para cargar las baterías descargadas. En este sentido, España puede ser un país privilegiado por su alta capacidad de generación de energía eólica, ya que en muchos casos sus picos de producción se producen en horarios de baja demanda y al no ser la electricidad una energía almacenable no se aprovecha, siendo esta una manera de emplear esta energía (la energía eólica generada en España en el año 2007 habría sido suficiente para abastecer a 9 millones de vehículos eléctricos o 18 millones de vehículos híbridos)⁴².

Por todo ello, no parece razonable considerar los biocombustibles como una solución definitiva cuando existen tantas dudas razonables sobre las consecuencias que una apuesta decidida por ellos pueda tener y además la tecnología no avanza en la línea de que sean la solución de futuro para el transporte.

⁴⁰ A. CEÑA y J. SANTAMARTA (2009), p. 67.

⁴¹ En este punto surge una nueva polémica sobre si existen recursos de litio suficientes como para fabricar millones de nuevas baterías para automóviles. El precio de la tonelada de litio ha pasado de los 350 dólares en 2003 a 3.000 dólares a finales de 2008.

⁴² Lo más sorprendente de todo lo anterior es que los fabricantes también consideran al vehículo eléctrico basado en baterías como una solución temporal, mientras la tecnología avanza hacia lo que muchos expertos consideran que sería la solución definitiva al problema del transporte, que es el vehículo eléctrico movido a través de una pila de combustible a base de hidrógeno que se produjera a partir de energías renovables.

6. Bibliografía

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE (2009), *Señales de la AEMA 2009. Cuestiones medioambientales de capital importancia para Europa*, Copenhague, AEMA.

BANSE, M.; VAN MEIJL, H.; TABEAU, A. y WOLTJER, G. (2008), *The impact of biofuel policies on global agricultural production, trade and land use*, documento de antecedentes de la reunión de expertos sobre políticas bioenergéticas, mercados, comercio y seguridad alimentaria, Roma, FAO, 18–20 de febrero.

BIRUR, D. K.; HERTEL, T. W. y TYNER, W. E. (2007), *The biofuels boom: implications for world food markets*, The Hague, OECD – Netherlands Food Economy Conference, october 18–19.

CENER (2007), *Las energías renovables en España: Diagnóstico y perspectivas*, Barcelona, Fundación Gas Natural.

CEÑA, A. y SANTAMARTA, J. (2009), *Coche eléctrico, el futuro del transporte*, Energías Renovables, n° 75, pp. 66–71.

CIEMAT (2005), *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Fase I: Análisis de Ciclo de Vida comparativo del etanol de cereales y de la gasolina. Energía y cambio climático*, Madrid.

— (2006), *Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles Alternativos para el Transporte. Fase II. Análisis de Ciclo de Vida Comparativo de Biodiésel y Diésel. Energía y cambio climático*, Madrid.

DE SANTI, G. (ed.) (2007), *Biofuels in the European Context: Facts and Uncertainties*, Luxembourg, Joint Research Centre, European Commission.

DOORNBOSCH, R. y STEENBLIK, R. (2007), *Biofuels: Is the cure worse than the disease?*, OECD Round Table on Sustainable Development, Paris 11–12 September 2007, [SG/SD/RT(2007)3/REV1], Paris, Organisation for Economic Development and Cooperation (OECD).

FAO (2003), *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*, Rome/London, ed. J. Bruinsma, FAO/Earthscan.

— (2008a), *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*, Roma.

— (2008b), *Soaring food prices: facts, perspectives, impacts and actions required*, High-level conference on world food security: the challenges of climate change and bioenergy, 3–5 June, Rome.

FARGIONE, F.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S. y HAWTHORNE, P. (2008), "Land clearing and the biofuel carbon debt", *Science*, vol. 319, pp. 1235–1238.

FORD, C. y SENAUER, B. (2007), "How Biofuels Could Starve the Poor", *Foreign Affairs*, mayo/junio.

FULTON, L.; HOWES, T. y HARDY, J. (2004), *Biofuels for Transport: An International Perspective*, Paris, International Energy Agency.

HAZELL, P. y WOOD, S. (2008), "Drivers of change in global agriculture", *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 363, issue 1491, pp. 495–515.

IDAE (2006), *Biocarburantes en el transporte*, Madrid.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2004), *Biofuels for Transport, an International Perspective*, Paris, International Energy Agency – OECD Publishing.

— (2006), *World Energy Outlook 2006*, París.

— (2007), *World Energy Outlook 2007*, París.

— (2008), *Key World Energy Statistics 2008*, París.

KOPLow, D. (2007), *Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the United States: 2007 Update*, Geneva, Switzerland, The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD).

MSANGI, S. (2008), *Biofuels, food prices and food security*, Reunión de expertos sobre perspectivas mundiales de la seguridad alimentaria y de los combustibles, Roma, FAO.

OECD (2008), *Economic Assessment of Biofuel Support Policies*, París, Directorate for Trade and Agriculture.

OCDE-FAO (2008), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008–2017*, París.

ONU/UN-ENERGY (2007), *Sustainable bioenergy: A framework for decision makers*, Nueva York.

PNUD (2000), *La energía y el reto de la sostenibilidad*. Madrid, edición en español: IDAE.

QUIRKE, D.; STEENBLIK, R. y WARNER, B. (2008), *Biofuels at what cost – Government support for ethanol and biodiesel in Australia, Geneva, Switzerland, The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD)*.

SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A.; DONG, F.; ELOBEID, A.; FABIOSA, J.; TOKGOZ, S.; HAYES, D. y YU, T. (2008), "Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change", *Science*, vol. 319, pp. 1238–1240.

STEENBLIK, R. (2007), *Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in selected OECD countries*, Geneva, Switzerland, The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD).

SCHMIDHUBER, J. (2006), *Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer-term perspective*, Paris, International symposium of Notre Europe, 27–29 November.

TIÓ SARALEGUI, C. (2008), "El reto energético y su impacto sobre el sector agrario", *Papeles de Economía Española*, n° 117, pp. 258–269.

WORLDWATCH INSTITUTE (2007), *Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture*, London, Earthscan.

Consultas de páginas web

Web de BP, Estadísticas sobre reservas y consumos de combustibles fósiles. www.bp.com/statisticalreview.

Web de Eurostat, Oficina Europea de Estadística. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.

Web de Licht Interactive Data (base de datos sobre estadísticas mundiales de los productos básicos). Disponible por suscripción en www.agra-net.com/portal/home.jsp?pagetitle=showadypubld=ag083.

Web de The Global Invasive Species Programme, Convention on biological diversity. <https://www.cbd.int/doc/biofuel/GISP-submission-biofuels-2009-03.pdf>.