



PNUMA



Hacia la producción y el uso sustentable de los recursos:



# EVALUACIÓN DE LOS BIO- COMBUSTIBLES



# Agradecimientos

Los principales autores de este informe son:

Stefan Bringezu  
Helmut Schütz  
Meghan O'Brien  
Lea Kauppi  
Robert W. Howarth  
Jeff McNeely  
Martina Otto, PNUMA, coordinó la preparación de este informe y proporcionó importantes comentarios

Gracias a Ernst Ulrich von Weizsäcker, Yvan Hardy, Mercedes Bustamante, Sanit Aksornkoae, Anna Bella Siriban-Manalang, Jacqueline McGlade and Sangwon Suh for sus importantes contribuciones así como a los miembros del Comité Directivo del Panel de Gestión Sustentable de Recursos por un debate fructuoso.

Se recibieron comentarios adicionales de la parte de gobiernos participando en el Comité Directivo.

Se agradece particularmente los documentos recibidos y las contribuciones de los Participantes del grupo de trabajo sobre el Estudio SCOPE sobre Biocombustibles que tuvo lugar en Gummersbach, Alemania, en Septiembre 2008.

Igualmente, gracias a nuestros colegas del instituto Wuppertal por sus valiosas contribuciones a las versiones previas de este informe, entre otros se agradece a Manfred Fishedick and Justus von Geibler, y Sören Steger quienes revisaron el análisis de correlación y a Martin Erren por su asistencia técnica.

También le damos las gracias a Punjanit Leagnarav del PNUMA por su ayuda en finalizar el informe durante la fase de paginación,

Varios críticos anónimos también nos ayudaron durante la fase de revisión por pares y Marina Fischer-Kowalski coordinó de manera eficiente y constructiva estas contribuciones junto con el secretariado del PNUMA.

Tomamos en cuenta también las discusiones y contribuciones de varios colegas durante diversas reuniones, sin embargo los principales autores mantienen la responsabilidad principal en caso de algún error)

Concepto creativo: Martina Otto (PNUMA); fotos: istock (portada, p. 10, p. 12), CleanStar India (portada), Shutterstock (portada, p. 6, p. 18, p. 24, p. 29), Still Pictures (p. 1, p. 4, p.9, p. 14, p. 20, p. 30, p.33, p. 35), PNUMA (portada)

Copyright © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2009

Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma para fines educativos o sin ánimo de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, a condición de que se indique la fuente de la que proviene. El PNUMA agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales sin el permiso previo por escrito del PNUMA.

## Advertencia

Las designaciones de entidades geográficas que figuran en este informe y la presentación de su material no denotan, de modo alguno, la opinión de la editorial o de las organizaciones contribuyentes con respecto a la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o con respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

Número de ISBN del informe completot: 978-92-807-3052-4  
PNUMA Job Number: DT/1213/PA

El PNUMA promueve prácticas ambientalmente racionales a nivel mundial y en sus propias actividades. Esta publicación se ofrece únicamente en formato electrónico. Nuestra política de distribución aspira a reducir la huella de carbono del PNUMA.



El presente documento es un extracto del informe  
Hacia la producción y el uso sustentable de los recursos:

# EVALUACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES



Producido por  
El Panel Internacional para la Gestión Sustentable de Recursos.

El presente documento subraya los resultados importantes del informe completo, por lo que debería leerse conjuntamente con éste. En el informe completo se enumeran las referencias, investigaciones y publicaciones en las que se fundamenta.

El informe completo puede descargarse en: [www.unep.fr](http://www.unep.fr)  
o puede solicitarse en CD-ROM a:

Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas  
Division of Technology Industry and Economics  
15 rue de Milan, 75441 Paris CEDEX 09, Francia

# Prefacio

Cada vez más, los biocombustibles han atraído la atención de miembros de la política, la industria y la investigación. El número de publicaciones científicas que abogan por los biocombustibles crece exponencialmente, y el número de estudios sobre este tema está aumentando rápidamente. Para los responsables de la toma de decisiones encontrar guías y materiales de referencia exhaustivos se ha convertido en una tarea ardua. La incertidumbre de los análisis globales ha crecido con el descubrimiento de los posibles beneficios y riesgos de los biocombustibles.

El Panel Internacional para la Gestión Sustentable de los Recursos está asumiendo este desafío y, en su primer informe, proporciona otro estudio sobre este campo ampliamente debatido. Lo hace en la convicción de que el progreso sustancial requiere de un método avanzado que vaya más allá de la producción y del uso de los biocombustibles y que considere todas las aplicaciones atribuibles a la biomasa, como la alimentación, las fibras y los combustibles. Se adopta una perspectiva amplia del sistema, con un enfoque particular sobre los impactos potenciales del cambio de uso de los terrenos dependiendo de los tipos de biocombustibles utilizados y del crecimiento de la demanda.

Este informe es el resultado de un proceso de estudio pormenorizado que se basa en la investigación de publicaciones recientes (principalmente hasta finales de 2008, pero que considera también artículos eminentes publicados antes de junio de 2009) y en el que han colaborado muchos expertos de todo el mundo. En particular, este informe se ha beneficiado de manera importante del intercambio de conocimientos del taller Rapid Assessment (Evaluación Rápida) mantenido por el proyecto de biocombustibles International SCOPE en Alemania (septiembre de 2008), y la posterior publicación de los procedimientos en la que participaron 75 científicos de todos los continentes que reflejaron un amplio abanico de puntos de vista diferentes referentes al análisis y la evaluación de los biocombustibles.

La preparación de este informe ha sido guiada por el Grupo de Trabajo de Biocombustibles del Panel de Recursos. Se preparó un «borrador cero» para su

discusión en la reunión de Santa Bárbara en noviembre de 2008. Posteriormente el equipo de autores desarrolló más profundamente el texto según las discusiones y los comentarios del Panel y del comité directivo, y generó el primer borrador. Éste fue facilitado al Panel en marzo de 2009 para que fuera autorizado para entrar en el proceso de revisión. El coordinador de evaluación pericial (peer review) hizo llegar a los autores los comentarios de cuatro revisores en abril, los cuales fueron adoptados como base para la revisión que condujo al segundo borrador. El segundo borrador fue discutido y aprobado por el Panel de Recursos y el comité directivo en París en junio de 2009, y se dió por concluido para su publicación teniendo en cuenta los últimos comentarios del comité directivo y de los expertos implicados.

El informe pretende facilitar información política relevante sobre la evaluación de los costes y beneficios sociales y medioambientales de los biocombustibles. Examina los problemas de desarrollo crítico y describe las opciones para un uso más sustentable de la biomasa y las medidas para aumentar la productividad de los recursos. El documento se centra en los biocombustibles de primera generación, si bien refleja la fiabilidad de los datos y las técnicas de vanguardia. Independientemente de lo anterior, el informe sitúa a la tecnología y al desarrollo de políticas en perspectiva. Resalta las incertidumbres y aborda las necesidades de investigación y desarrollo, también de los biocombustibles avanzados. El informe no trata de sentar cátedra, sino que aporta el conjunto de conocimientos actuales con el objetivo de ayudar en la toma de decisiones y de dirigir los trabajos científicos para conseguir una «bioeconomía» sustentable.

## **Prof. Ernst U. von Weizsäcker**

Copresidente del Panel Internacional  
para la Gestión Sustentable de los Recursos

## **Dr. Stefan Bringezu**

Presidente del Grupo de Trabajo de Biocombustibles

# Prefacio

Los biocombustibles son un tema que ha encontrado puntos de vista profundamente polarizados entre los responsables políticos y el público en general.

Se han caracterizado por considerarse como una panacea que representa una tecnología central en la lucha contra el cambio climático.

Otros los critican por considerarlos un desvío de las contundentes acciones de mitigación del cambio climático que son necesarias, o bien una amenaza de la seguridad alimentaria y por tanto los consideran un desafío clave para lograr los objetivos de desarrollo del milenio relacionados con la pobreza.

Este primer informe elaborado por el Panel Internacional para la Gestión Sustentable de los Recursos se basa en la mejor ciencia disponible y utiliza la metodología del ciclo de vida. El informe deja claro que es necesario considerar factores más amplios e interrelacionados a la hora de decidir sobre los méritos relativos para elegir un biocombustible sobre otro.

¿Cuál es la posible contribución de los diferentes cultivos al cambio climático y cuáles son los impactos de las distintas opciones disponibles sobre la agricultura y las tierras de labor, considerando las aguas dulces y la biodiversidad?

El informe también subraya el papel de los biocombustibles dentro de la actualidad más amplia sobre el cambio climático e incluye opciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte mediante la aplicación de otros medios diferentes a las normas de eficiencia de biocombustibles-combustibles para los vehículos y el desarrollo de automóviles híbridos y eléctricos.

Mientras tanto, este informe de evaluación subraya las opciones para la generación de energía a partir de biomasa en plantas dedicadas y de cogeneración como un método alternativo a la conversión de los productos de cultivo y sus residuos en combustibles líquidos.

Sobre todo el informe resalta la complejidad del tema e indica que las aproximaciones simplistas probablemente no aportarán una industria de biocombustibles sustentable ni nada que pueda contribuir a superar el desafío del cambio climático y a mejorar la vida de los granjeros y agricultores.

Si bien el presente informe de evaluación no es normativo, su análisis científico y empírico de las distintas opciones de biocombustibles proporciona varios puntos de referencia claros para el desarrollo futuro del sector.

Despejar bosques tropicales para la producción de biodiesel, y en particular aquellos que se asientan sobre turberas, conduce a mayores emisiones de carbono que las horradas por la sustitución del combustible fósil de los automóviles por biocombustibles.

El Panel, presidido por el Profesor Ernst von Weizsäcker, se ha centrado en la presente generación de biocombustibles y aborda los biocombustibles futuros solo en parte. Los investigadores ya se encuentran estudiando biocombustibles de fuentes como las algas o las enzimas naturales que utilizan las termitas para disolver la madera y convertirla en azúcares. Estas tecnologías de segunda y tercera generación requerirán sus propios análisis de ciclos de vida.

Creo que este informe de evaluación de los biocombustibles actuales y las opciones que resalta supondrán una importante contribución al debate político y a las opciones políticas que los Gobiernos desean poner en práctica.

Se ha pretendido responder a varias preguntas clave sobre los biocombustibles mientras se señalan las prioridades adicionales de evaluación e investigación que deben abordarse en la actualidad.

## Achim Steiner

UN Subsecretario General y Director Ejecutivo,  
Programa de Medio Ambiente de las Naciones  
Unidas (UNEP)



# Objetivo y alcance



Contribuir a una mejor comprensión de cómo desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental.

Proporcionar una visión general de los problemas clave y perspectivas hacia la producción y el uso sustentables de biomasa para fines energéticos.

### **El Panel Internacional para la Gestión Sustentable de los Recursos**

El Panel de recursos fue fundado para proporcionar evaluaciones científicas independientes, coherentes y fidedignas de relevancia política sobre el uso sustentable de los recursos naturales y en particular de sus impactos medioambientales durante el ciclo de vida completo. Su objetivo es contribuir a una mejor comprensión de cómo desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental.

El informe "Hacia la producción y el uso sustentable de los recursos: Evaluación de los biocombustibles" forma parte de una serie de informes de varios temas.

### **Objetivo y alcance del informe**

Este informe se basa en un amplio estudio de la literatura actual disponible, y tiene en cuenta recientes estudios importantes así como un amplio abanico de puntos de vista diferentes de expertos prestigiosos de todo el mundo. Proporciona una visión general de los problemas clave y perspectivas para la producción y el uso sustentables de biomasa con fines energéticos. En particular, el informe examina las opciones para producir y utilizar biomasa de manera más eficiente y sustentable. En el contexto global de la mejora de la productividad de los recursos, aborda el «uso moderno de la biomasa» para fines energéticos, como por ejemplo la biomasa utilizada para la cogeneración de calor y energía y los biocombustibles líquidos para

el transporte, y lo relaciona con el uso de biomasa para alimentos y como material. Si bien la mejora de la eficacia de la producción de biomasa desempeña un cierto papel hacia la mejora de la sostenibilidad, el progreso en último lugar depende de un uso más eficiente de los recursos bióticos (y no bióticos) (incluyendo por ejemplo, vehículos de menor consumo de combustible), si bien el presente informe no alcanza una consideración completa de todas las estrategias pertinentes para conseguir este fin (por ejemplo, el cambio de las dietas ricas en alimentos de origen animal y la reducción de los desperdicios de alimentos).

Este informe cubre principalmente los denominados biocombustibles de primera generación a la vez que considera otras líneas de desarrollo. Esto es debido a la disponibilidad de datos y técnicas de vanguardia hasta el final de 2008. Los beneficios e impactos potenciales de biocombustibles de segunda y tercera generación – denominados preferentemente «biocombustibles avanzados» – se incluyen solo en parte y podrían estar sujetos a un informe específico en una fase posterior.

Este informe se centra en la situación global internacional, pero reconoce las diferencias regionales.

Por último, el informe señala las incertidumbres y resalta las necesidades de investigación y desarrollo.

La pregunta clave que se planteó es si una expansión importante de la producción de biocombustibles haría cierto el dicho de «demasiada miel empalaga».

**La bioenergía es parte**



**Tendencias de los  
biocombustibles**

# del cocktail energético

La bioenergía, **hasta ahora muy presente en la forma de uso tradicional de la biomasa**, es parte del cocktail energético.

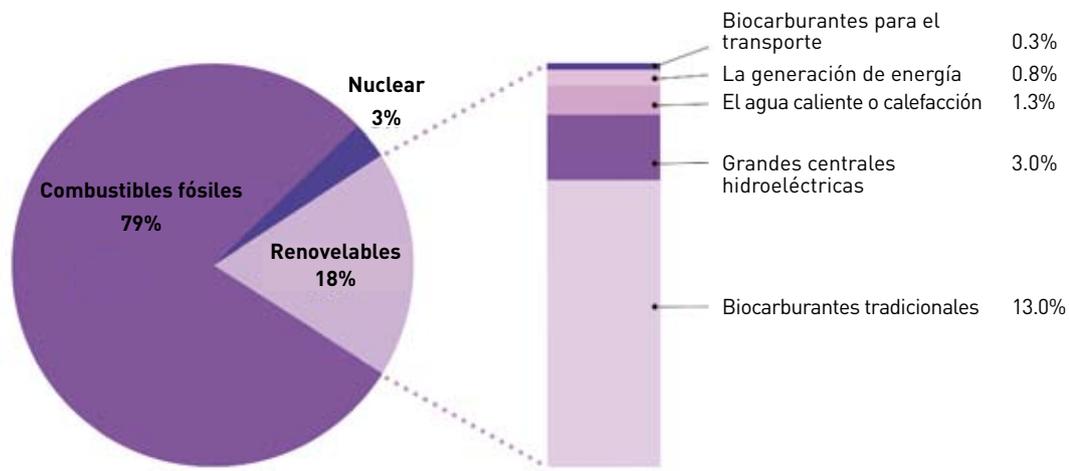
El uso tradicional de biomasa actualmente proporciona el 13% de la demanda energética mundial.

El uso tradicional de biomasa actualmente proporciona el 13% de la demanda energética final de todo el mundo. En los países en vías de desarrollo, más de 500 millones de hogares aún usan la biomasa tradicional para cocinar y calentarse. No obstante, estas tendencias están cambiando y ya 25 millones de hogares cocinan e iluminan sus viviendas con biogas y un creciente número de pequeñas industrias, incluyendo el procesamiento agrícola, obtienen calor de proceso y fuerza motriz a partir de digestores de biogas a pequeña escala.

En 2006 el biogas contribuía en aproximadamente el 1% de la capacidad de potencia eléctrica total global hasta 4.300 GW. Su uso está creciendo al emplearse en cogeneración, con un aumento en los países europeos y en países en vías de desarrollo como Brasil.

Muchos países han establecido objetivos políticos para las energías renovables, pero solamente unos pocos especifican el papel de la biomasa.

**Figura 1: Reparto de energías renovables en el consumo final de energía a escala mundial (GFEC) en 2006**



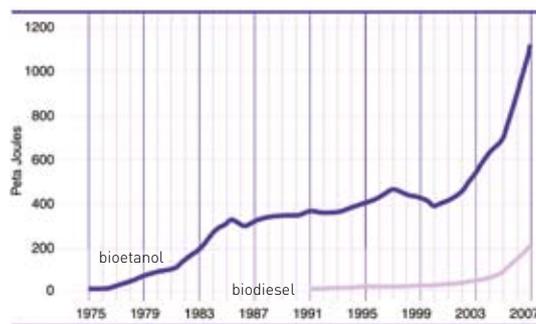
Fuente: REN21 (2008)

# La bioenergía es parte del cocktail energético

Los biocombustibles líquidos supusieron un 1,8% de la cantidad total de combustible para transporte en el mundo por valor de energía en 2007.

La producción mundial de etanol como combustible usado en el transporte se triplicó desde los 17 mil millones de litros a los más de 52 mil millones de litros entre los años 2000 y 2007, mientras que el biodiesel se multiplicó por once desde menos de 1 mil millones hasta casi 11 mil millones de litros. Esto ha originado que los biocombustibles líquidos supongan un 1,8% de la proporción total del combustible utilizado en el transporte en todo el mundo por valor de energía en 2007. Una reciente estimación para 2008 llega a los 64,5 mil millones de litros de etanol y a los 11,8 mil millones de litros de biodiesel, lo que supone hasta un 22% desde 2007 (por contenido de energía). Se estima que la proporción de etanol en el uso global de combustibles tipo gasolina Entre 2005-2007 (valor medio de esos años) y 2008 aumentó de un 3,78% a un 5,46%, y que la proporción de biodiesel en el uso global de combustibles tipo gasoil de un 0,93% a un 1,5% en el mismo periodo de tiempo.

**Figura 2: Producción global de bioetanol y biodiesel entre 1975 y 2007**



Fuente: REN21 [2008]

Los principales países productores de biocombustibles para el transporte son los Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea.

La producción en los Estados Unidos procede principalmente de etanol a partir de maíz, en Brasil de etanol de caña de azúcar, y en la Unión Europea de biodiesel de colza. Otros países productores de etanol como combustible son Australia, Canadá, China, Colombia, la República Dominicana, Francia, Alemania, India, Jamaica, Malawi, Polonia, Sudáfrica, España, Suecia, Tailandia y Zambia. La rápida expansión de la producción de biodiesel se produjo en el Sureste Asiático (Malasia, Indonesia, Singapur y China), Latinoamérica (Argentina y Brasil) y en el Sureste de Europa (Rumanía y Serbia).

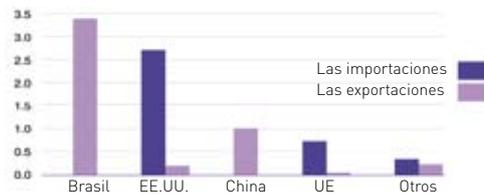
Las políticas han impulsado esencialmente el desarrollo de la demanda de biocombustibles a través de la creación de objetivos y de proporciones de mezclado. En 2006, en al menos 36 estados y provincias y en 17 países a escala nacional se promulgaron leyes para mezclar los biocombustibles con combustibles de vehículos. La mayoría de las normativas exigen mezclar entre un 10% y un 15% de etanol con gasolina o entre un 2 y un 5% de biodiesel con gasoil. Además, objetivos recientes definen mayores niveles de uso previsto de biocombustibles en varios países.

La inversión en la capacidad de producción de biocombustibles probablemente superó los 4 mil millones de dólares en todo el mundo en 2007 y parece estar creciendo rápidamente.

La industria, con el apoyo de los Gobiernos, también invierte ampliamente en el desarrollo de biocombustibles avanzados.

El comercio internacional de etanol y biodiesel ha sido pequeño hasta ahora, pero se espera que crezca

**Figura 3: Comercio internacional de etanol, 2006**



Fuente: Datos recopilados de la OCDE (2008), según F.O. Licht's (2008)

**Figura 4: Comercio internacional de biodiesel, 2007**



Fuente: Datos recopilados de la OCDE (2008), según LMC (2007)

El comercio internacional de etanol y biodiesel ha sido pequeño hasta ahora (unos 3 mil millones de litros por año en 2006/2007), pero se espera que crezca rápidamente en países como Brasil, que alcanzaron un récord de unos 5 mil millones de litros de exportación de etanol como combustible en 2008.

A corto y medio plazo, se espera que la contribución de la biomasa y de los residuos sea de 56 EJ/a en 2015 y de 68 EJ/a en 2030. El uso global de bioetanol y biodiesel casi se doblará entre 2005-2007 y 2017. La mayoría de este incremento se deberá probablemente al uso de biocombustibles en los Estados Unidos, la Unión Europea, Brasil y China. Pero otros países como Indonesia, Australia, Canadá, Tailandia y Filipinas podrían también desarrollar un consumo importante de biocombustibles.



Con respecto al potencial global de la bioenergía a largo plazo, las estimaciones dependen esencialmente de supuestos, particularmente de supuestos sobre la disponibilidad de terreno agrícola para producción no alimentaria. Los supuestos más optimistas llevan a un potencial teórico de 200-400 EJ/a o incluso más, mientras que los escenarios más pesimistas confían solamente en el uso de residuos y desperdicios orgánicos y aportan un mínimo de 40 EJ/a. Las evaluaciones más realistas que consideran las limitaciones medioambientales estiman un potencial sustentable de 40 – 85 EJ/a para 2050. Para comparar, el uso actual de energía procedente de combustibles fósiles suma 388 EJ.

desafíos globales de



**Desafíos globales**

# Los biocombustibles

La sustentabilidad a largo plazo del sector bioenergético solamente se puede alcanzar con políticas correctas y con planificaciones que tengan en cuenta una gama de tendencias globales entre las que se incluyan **el crecimiento de la población, las mejoras de la producción agrícola, el cambio de los patrones dietéticos y el cambio climático.**

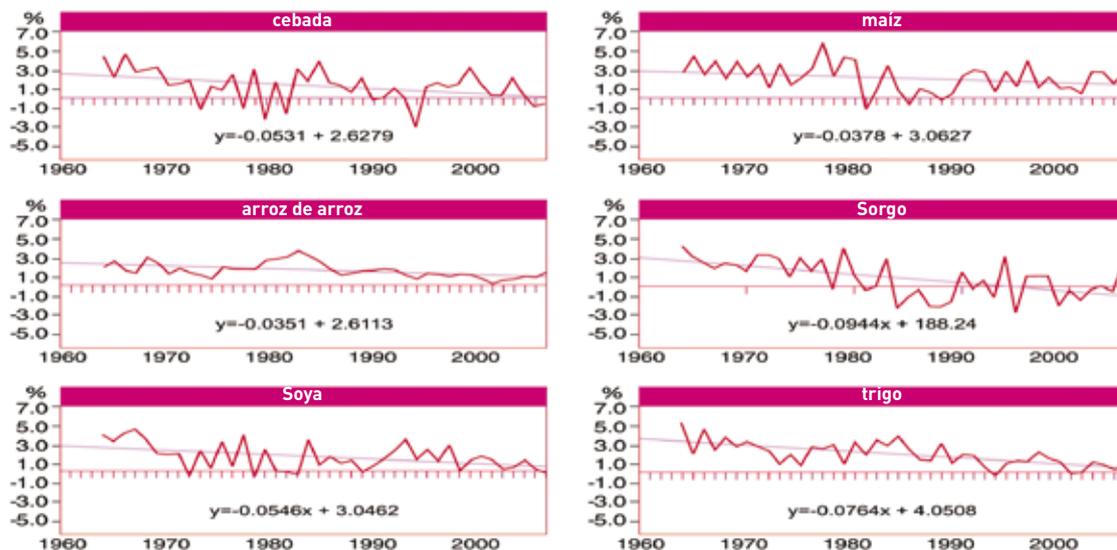
## Una población en crecimiento

Se espera que la población mundial crezca en un 36% entre 2000 y 2030, de 6,1 mil millones de personas en el año 2000 a aproximadamente 8,3 mil millones (proyección medial de la ONU/FAO). Los países en vías de desarrollo serán los que más contribuirán a este aumento con un incremento total de la población de 4,7 a 6,9 mil millones en el mismo periodo (más del 45%).

## Desarrollo de la producción agrícola

Los datos de la FAO muestran que el aumento relativo de la producción agrícola de las últimas décadas se ha debilitado en general. Los datos de 1961 a 2005 muestran una reducción del aumento porcentual anual de la producción agrícola de seis cultivos en campo. Se prevé que la producción de cereales (media mundial) crezca tan rápido como la población mundial.

**Figura 5: Cambio de la tasa de crecimiento de la producción agrícola mundial (en %) – medias de desplazamiento de 5 años**



Nota: estadístico t para regresiones: Cebada: -2,61\*\*; Arroz, arrozal: -3,70\*\*\*; Sorgo: -4,32\*\*\*; Soja: -3,06\*\*\*; Trigo: -5,82\*\*\* (\*\*\*) y \*\* indican una significancia en los intervalos de confianza de dos colas del 1% y 5% respectivamente).

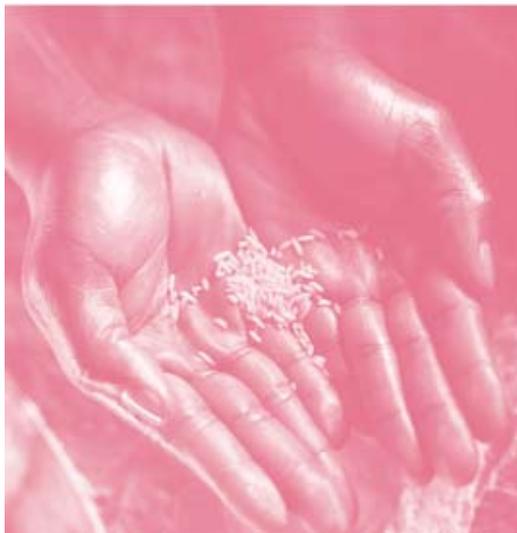
Fuente: según datos en línea de FAOSTAT [2008]

# desafíos globales de los biocombustibles

Estudios recientes muestran que el cambio climático ya ha reducido la producción agrícola media.

El desarrollo futuro de la producción agrícola mundial determinará el grado en el que se pueda suministrar biomasa para fines alimentarios y no alimentarios a partir de los terrenos cultivados actualmente. Con una elevada probabilidad, los precios de los artículos estarán muy influenciados por el desarrollo futuro de la producción agrícola. Si bien el desarrollo general parece muy incierto, distintos factores (como el suministro de agua, el cambio climático, las restricciones medioambientales, la evolución de los mercados agrícolas) hacen que sea muy improbable que globalmente se observen las tasas de crecimiento de décadas pasadas. En las últimas décadas se ha observado que el porcentaje anual de aumento de la producción tiende a caer.

Habitualmente se observa un mayor potencial para la mejora de la producción agrícola en los



países en vías de desarrollo, especialmente en África. No obstante, la FAO considera que el aumento futuro de la producción agrícola de cereales en los países desarrollados estará más cerca de las tasas medias mundiales más bajas de los últimos años, es decir, alrededor del 1%. Las estimaciones más convincentes de instituciones internacionales sobre la producción agrícola mundial se encuentran en un 1-1,1% por año para los cereales, en un 1,3% por año para el trigo y los granos gruesos, en un 1,3% p.a. para las raíces y tubérculos y en un 1,7% p.a. para los aceites vegetales y las semillas oleícolas. Estas tasas de crecimiento son significativamente inferiores a las correspondientes a las cuatro últimas décadas.

Estudios recientes muestran que el cambio climático ya ha reducido la producción agrícola media. El desarrollo futuro puede ampliar las diferencias entre los países desarrollados y en vías de desarrollo al disminuir la capacidad de producción de las regiones semiáridas en particular, y aumentar la capacidad de las zonas templadas. Una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos aumentará aún más la incertidumbre.

## Desarrollo de la demanda de alimentos

En el pasado, la producción agrícola crecía más rápido que la población mundial, por lo que se podía producir más alimentos en los terrenos cultivables existentes. En el futuro la tendencia podría ser menos favorable, dado que la producción agrícola media podría compensar el crecimiento poblacional pero no

La mayor necesidad de tierra de labor para biocombustibles se añadirá a esta demanda.

la creciente demanda de alimentos de origen animal. Se espera que entre los años 2000 y 2030 la producción media de cultivos aumente en la misma proporción que la población.

Al mismo tiempo, no obstante, la demanda de alimentos está cambiando hacia una dieta con un elevado consumo de alimentos de origen animal, particularmente en los países en vías de desarrollo donde el consumo de carne era reducido.

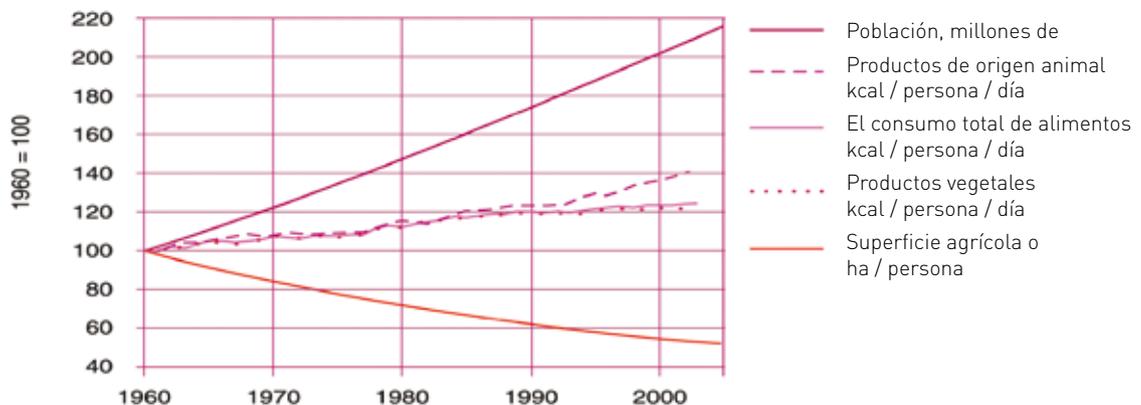
La FAO estima que el consumo de carne de la población mundial aumente en un 22% por persona entre los años 2000 y 2030, el consumo de leche y lácteos en un 11% y el de aceites vegetales en un 45%. Los artículos con menos necesidades de terreno como los cereales, las raíces y tubérculos y las legumbres aumentarán en una tasa inferior por persona.

El aumento de la producción agrícola probablemente no compensará el crecimiento y el cambio de la demanda de alimentos, por lo que se deberán ampliar los terrenos de cultivo solamente para alimentar la población mundial.

Hasta ahora no parece que haya disponible ninguna proyección explícita del cambio mundial de uso de la tierra inducido por el cambio en la demanda de alimentos. Del informe de Gallagher, se puede derivar una estimación de la necesidad adicional de tierra de labor mundial para alimentos en 2020 de 144 Mha a 334 Mha.

Cualquier necesidad adicional de terreno, por ejemplo para cultivos con fines de biocombustibles, se añadirá a esta demanda.

**Figura 6: Desarrollo de la población mundial, terreno agrícola y consumo por persona en el pasado (1960 - 2005)**



Fuente: estadística en línea de población de la ONU; FAOSTAT en línea

no todos los biocom

## Ciclo de vida



# bustibles son iguales

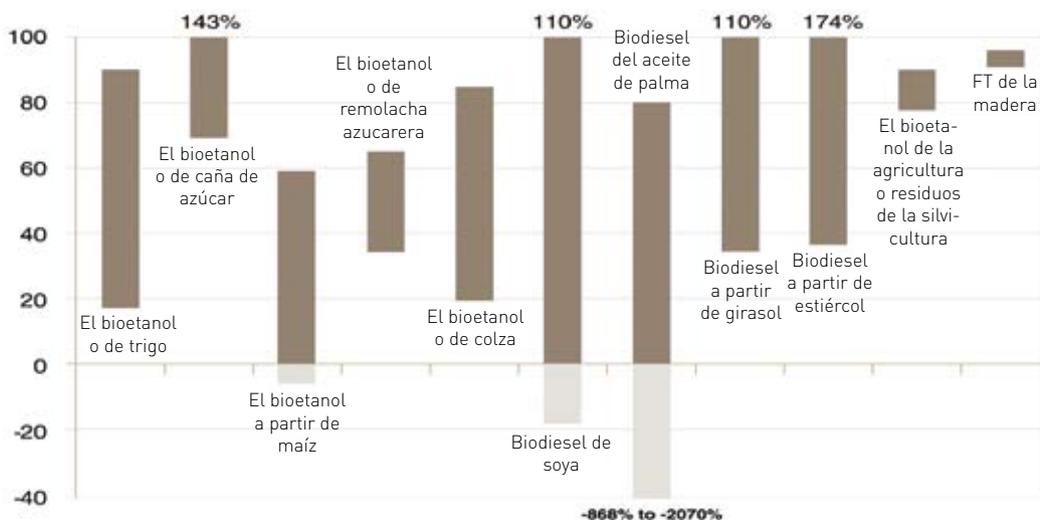
Los biocombustibles pueden marcar la diferencia a la hora de lograr los diferentes objetivos políticos buscados. No obstante, no todos los biocombustibles actúan de igual modo en términos de su impacto sobre el clima, la seguridad energética y los ecosistemas. **Los impactos ambientales y sociales tienen que ser evaluados a lo largo de todo el ciclo de vida.**

## El balance de gases de efecto invernadero de los biocombustibles

El análisis de los ciclos de vida de los biocombustibles (LCA) muestra que existe un amplio abanico de balances cuando se comparan los biocombustibles con los combustibles fósiles. Estos balances dependen de la materia prima y de la tecnología de conversión, pero también de otros factores como de los supuestos metodológicos. Para

el etanol, el mayor ahorro de gases de efecto invernadero se registra de la caña de azúcar (del 70% a más del 100%), si bien el maíz puede ahorrar hasta un 60% pero también puede provocar un 5% más de emisiones de gases de efecto invernadero. Las mayores variaciones se observan en el biodiesel procedente del aceite de palma y de la soja. Los grandes ahorros de los aquellos dependen de la alta productividad, los de los últimos en los créditos por productos. Pueden aparecer ahorros negativos de gases

**Figura 7: Ahorro de gases de efecto invernadero de biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles**



Fuente: Compilación propia a partir de datos de Menichetti/Otto 2008 para bioetanol y biodiesel, IFEU (2007) para etanol de caña de azúcar, y Liska et al. (2009) para etanol de maíz; RFA 2008 para biometano, bioetanol procedentes de residuos y diesel Fischer-Tropsch

# no todos los biocombustibles son iguales

En el análisis de los ciclos de vida para las emisiones de gases de efecto invernadero se debe tener en cuenta el cambio de uso de los terrenos, el agua y la biodiversidad.

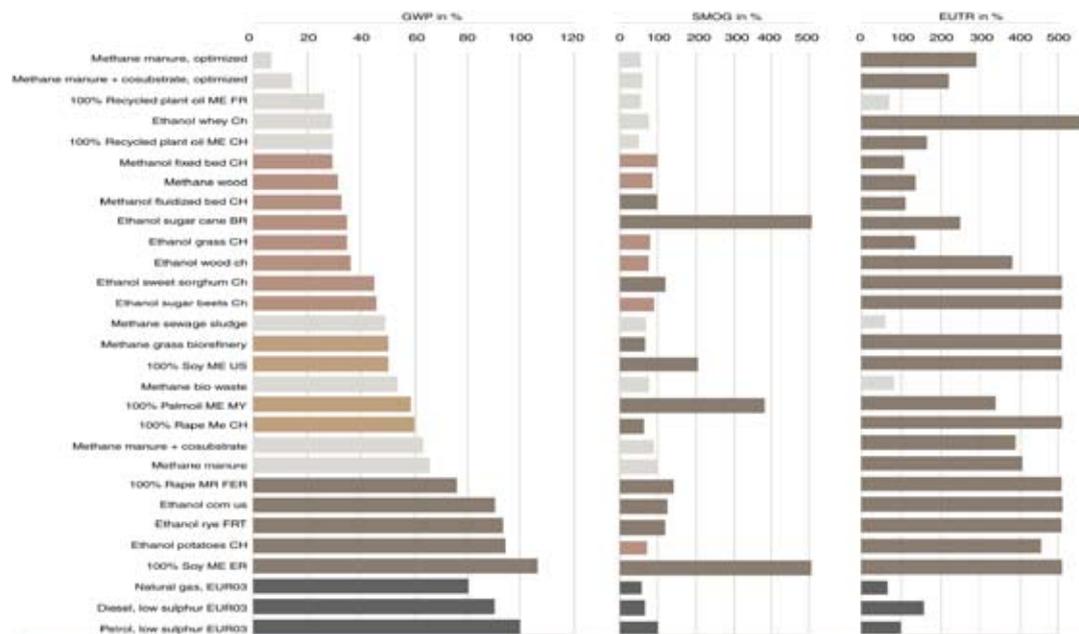
de efecto invernadero (se decir, un aumento de emisiones) en particular cuando la producción se lleva a cabo en terreno natural convertido y se tiene en cuenta la movilización asociada del carbono almacenado. Se registran grandes ahorros de gases de efecto invernadero en el biogas derivado del estiércol, en el etanol procedente de los residuos agrícolas y forestales y en el biodiesel procedente de

la madera (biomasa a líquido, según plantas experimentales).

## Los LCA disponibles no cubren todos los impactos

Además de las emisiones de gases de efecto invernadero, existen otros impactos de los biocombustibles, como los que se producen sobre el agua y la biodiversidad, que

**Figura 8: Evaluación del impacto del ciclo de vida de los biocombustibles comparado con los combustibles fósiles para diferentes presiones medioambientales**



GWP: global warming potential, SMOG: summer smog potential, EUTR: excessive fertilizer use  
 Reference (= 100%) is petrol EURO3 in each case. Biofuels are shown in diagram at left ranked by their respective GHG emission reductions.  
 Legend:  
 - Light grey: Fuels that have a total GHG emission reduction of more than 50% as versus petrol.  
 - Dark grey: Those with GHG emissions reductions of more than 30%.  
 - Brown: Those with GHG emissions reductions of less than 30%.  
 - Black: Production paths from waste materials or residue.  
 In other diagrams:  
 - Light grey: Better than reference.  
 - Dark grey: Worse than reference.

Fuente: Zah et al. [2007]

Notas: Potencial de calentamiento global (GWP), potencial de smog estival (SMOG), potencial de eutrofización (EUTR)

Los LCA deberían tener en cuenta la eutrofización y la acidificación.

El periodo de amortización influye en los resultados.

Existen incertidumbres sobre las emisiones de  $N_2O$ .

normalmente no se tienen en cuenta en los LCA actuales.

Asimismo, también deben considerarse impactos como la eutrofización y la acidificación que son muy importantes y ya han contribuido a un empeoramiento considerable de la calidad medioambiental de algunas regiones.

No obstante, el conocimiento disponible de los análisis de ciclos de vida parece limitado, a pesar de que en estos temas muchos biocombustibles provocan mayor carga medioambiental que los combustibles fósiles. En una muestra representativa de estudios de análisis de ciclos de vida de biocombustibles, menos de un tercio presentaban resultados de acidificación y eutrofización, solo unos pocos sobre el potencial de toxicidad (toxicidad humana, ecotoxicidad o ambas), smog estival, disminución de ozono o disminución de recursos abióticos, y ninguno sobre la biodiversidad. El aumento de la eutrofización es una característica clave de los biocombustibles procedentes de cultivos cuando se comparan con los combustibles fósiles.

Las emisiones del ciclo de vida amplio de los nutrientes dependen de manera crítica de la aplicación y pérdida de fertilizantes durante la producción agrícola de la materia prima del biocombustible.

### **Limitaciones metodológicas que influyen sobre los resultados**

El análisis de ciclos de vida ofrece una guía útil para comparar diferentes tecnologías y métodos de producción. No obstante, al interpretar los resultados, se debe prestar atención a varios supuestos y limitaciones metodológicas que originan una gran variación de los resultados del análisis LCA.

Además, se producen variaciones significativas por la incertidumbre de las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ), el cual es un gas de efecto invernadero particularmente fuerte. Muchos análisis del ciclo de vida utilizan la metodología de evaluación del IPCC para estimar los flujos de  $N_2O$ , la cual tiende a dar estimaciones de solamente algo más del 1% del nitrógeno aplicado en el fertilizante.

Sin embargo, los cálculos de balance atmosférico de Crutzen y compañeros han indicado que las emisiones totales se podrían situar entre el 3% y el 5%. Si estos valores se confirman, deberían reconsiderarse los resultados de muchos estudios de LCA

Otro componente que tiene que tenerse en cuenta a la hora de comparar los resultados de los LCA es la manera en la que se atribuyen los impactos relacionados con la conversión del terreno. Por ejemplo, cuando se establecen plantaciones de palma de aceite sobre selvas naturales cubiertas, y las emisiones asociadas se amortizan en 100 años, puede aparecer una disminución de gases de efecto invernadero por hectárea y año. No obstante si se aplica un periodo de amortización de 30 años, puede que el resultado sea de un aumento de las emisiones. Si las plantaciones se cultivan sobre áreas de barbecho de bosque tropical (terreno abandonado), en general se obtienen valores beneficiosos.

Parece necesario mejorar la metodología del ciclo de vida orientada a la cadena del producto, y se está haciendo, pero pueden resolverse deficiencias básicas solamente mediante el uso de métodos analíticos complementarios que recojan los impactos globales de los biocombustibles en el contexto espacial y socioeconómico. En particular es necesario tener en cuenta los efectos indirectos del cambio de uso de los terrenos inducido por la mayor demanda.

agua :



**Agua**

# un factor limitante

- Calidad del agua
- Consumo del agua

Se necesitan evaluaciones de impacto a nivel de proyecto y a escala regional.

Los tipos de cultivos, los métodos de producción y las tecnologías de conversión tienen que acomodarse a las condiciones locales.

## Calidad del agua

Existe un vínculo entre los impactos medioambientales estimados por las evaluaciones de los impactos del ciclo de vida a nivel de proyecto y los problemas de calidad de agua descritos a escala regional. Por ejemplo, en la cuenca de desagüe del Misisipi, el aumento de la superficie de maíz y de la proporción de aplicación de fertilizantes debido al crecimiento de la producción de biocombustibles ha demostrado que aumenta las fugas de nitrógeno y fósforo a corrientes, ríos, lagos y aguas costeras, particularmente en el norte del Golfo de México y en las regiones costeras atlánticas que se sitúan aguas debajo de las áreas de producción, produciendo serios problemas de hipoxia (reducción de oxígeno). Cambiar las prácticas agrícolas por el cultivo pertinente de materia prima puede mitigar algo la carga, pero lo más probable es que no sea suficiente para mejorar las condiciones medioambientales regionales como la calidad del agua.

## Consumo del agua

Actualmente la agricultura emplea el 70% del agua dulce mundial, y el desarrollo de los biocombustibles podría aumentar esta cifra. El consumo de agua varía dependiendo del tipo de cultivo usado como materia prima así como de los métodos de producción y de las técnicas de conversión.

La producción de materias primas para biocombustibles en regiones con escasez de agua requiere riego, y puede llegar a competir con la producción de alimentos y aumentar la carga sobre los recursos acuíferos e ir más allá de su capacidad de restauración.

Los fenómenos meteorológicos extremos (inundaciones, sequías) debidos al cambio climático podrían aumentar la incertidumbre de los recursos acuíferos disponibles.

# impactos del cambio



**Uso del terreno**

# del uso del terreno

Se espera que aumente la demanda mundial de biocombustibles en el futuro, por lo que aumentara **la demanda de terrenos.**

## Uso real y planificado del terreno para la producción de cultivos

El uso global de los terrenos para la producción de biocombustibles – principalmente procedentes de cultivos para alimentación – está creciendo. En 2008, los cultivos de biocombustibles cubrían aproximadamente el 2,3% de la tierra de labor mundial, unas 36 Mha, que se pueden comparar a las 26,6 Mha o 1,7% de 2007, y a las 13,8 Mha o 0,9% de 2004.

Con la creciente demanda de biocombustibles, se está ampliando la extensión de los terrenos dedicados a la producción de biocombustibles, en particular en países tropicales donde las condiciones naturales favorecen una alta producción. Este desarrollo es motivado por la existencia de objetivos de volumen en vez de por la planificación del uso del terreno. En Brasil, la superficie de caña de azúcar sumaba 9 millones de hectáreas en 2008 (más del 27% desde 2007). Actualmente el terreno cultivable total de Brasil cubre unas 60 Mha.

La superficie total de cultivo de soja, la cual cada vez más se utiliza para obtener biodiesel, podría aumentar potencialmente de las 23 Mha de 2005 a unas 100 Mha. Se espera que la mayor parte de la expansión ocurra en terrenos de pastos y en la sabana (Cerrado). En el Sureste Asiático, se considera la expansión del aceite de palma – para fines alimenticios y no alimenticios – como una de las principales causas de la destrucción de la selva. En Indonesia, se ha planificado una extensión adicional de 20 Mha para palma de aceite, que se puede comparar con la situación actual de al menos 6 Mha. Dos tercios de la expansión actual de los cultivos

de palma de aceite en Indonesia se basan en la conversión de selva y un tercio en terrenos previamente cultivados o en barbecho. De las áreas selváticas convertidas, un cuarto contenía suelo de turba con un alto contenido en carbono –lo que origina emisiones particularmente altas de gases de efecto invernadero cuando se drenan para cultivar la palma de aceite. Para 2030 se estima que la proporción sea del 50% de suelos de turba. Si la tendencia actual continúa, en 2030 la superficie total de la selva de Indonesia se habrá reducido en un 29% con respecto a 2005, y solamente cubrirá el 49% de su superficie original de 1990.

## Necesidades de tierra para el uso proyectado de biocombustibles

Las estimaciones de las necesidades futuras de tierra para biocombustibles varían ampliamente y dependen de las consideraciones básicas efectuadas, principalmente el tipo de materia prima, la ubicación geográfica y el nivel de aumento de insumos y de producción. Existen estimaciones más conservadoras que prevén un moderado aumento de la producción y el uso de biocombustibles. Estas se han desarrollado tomando como referencia que no se presentarán políticas adicionales para estimular más la demanda. Estas sitúan la necesidad de terreno entre 35 Mha y 166 Mha en 2020. Existen varias estimaciones del potencial de producción de biocombustibles que calculan las necesidades de tierra de labor entre 53 Mha en 2030 y 1668 Mha en 2050.

Cerca de 118 Mha a 508 Mha serían necesarias para aportar el 10% de la demanda mundial ...

Este desarrollo es motivado por la existencia de objetivos de volumen en vez de por planificación del uso del terreno.

# impactos del cambio del uso del terreno

La conversión del terreno en cultivos para biocombustibles puede conducir a impactos medioambientales negativos que incluyen **la reducción de biodiversidad y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.**

Despejar la vegetación natural moviliza el carbono almacenado y puede crear deuda de carbono.

Se espera que el aumento de la producción de biocombustibles tenga grandes impactos sobre la biodiversidad.

... de combustible para el transporte en 2030 considerando solo biocombustibles de primera generación. Esto sería a igual a entre el 8% y el 36% de la tierra de labor actual incluyendo los cultivos permanentes.

Despejar la vegetación natural moviliza el carbono almacenado y puede crear una deuda de carbono, la cual podría hacer que el efecto de mitigación global de los gases de efecto invernadero de los biocombustibles resultara inútil durante las décadas siguientes. Se estimó que las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del 10% del consumo mundial de diesel y gasolina durante 2030 serían de 0,84 Gt CO<sub>2</sub>, de los cuales los biocombustibles podrían sustituir de 0,17 a 0,76 Gt CO<sub>2</sub> (20-90%), si bien las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> debidas solamente a la conversión directa del terreno se estiman entre 0,75 y 1.83 Gt CO<sub>2</sub>. Incluso se producirían mayores emisiones en el caso del biodiesel originado de las plantaciones de palma de aceite establecidas sobre turberas drenadas.

Las políticas actuales de biocombustibles tienen como objetivo implementar normas de producción que exijan ahorros mínimos de gases de efecto invernadero y que garanticen que el terreno de producción no utilice bosques naturales convertidos recientemente u otros terrenos de gran valor debido a su

almacenamiento de carbono o biodiversidad. No obstante, para regiones consumidoras netas como la Unión Europea y países como Alemania, los modelos han demostrado que un mayor uso de biocombustibles conduciría a un aumento global de las necesidades absolutas de terrenos cultivables en el mundo. Esto implica que si los biocombustibles se producen en terrenos cultivables existentes, otro cultivo productivo -en particular para atender la creciente demanda de alimentos que va más allá de las capacidades de aumento de la productividad- se desplazará a otras áreas («cambio indirecto del uso del terreno»).

Mientras siga creciendo el terreno cultivable mundial necesario para el consumo basado en la agricultura, las normas de producción seleccionada de biocombustibles no podrán anular los efectos del desplazamiento, la conversión del terreno y los impactos directos e indirectos asociados.

Se espera que el aumento de la producción de biocombustibles tenga un gran impacto sobre la biodiversidad en las próximas décadas, principalmente como resultado de la pérdida de hábitat, del aumento de especies invasivas y de la contaminación de nutrientes. La pérdida de hábitat procederá principalmente de la ampliación de los terrenos cultivables. Las

Uso de terreno agrícola abandonado, utilizado antiguamente intensamente o terreno moderadamente degradado.

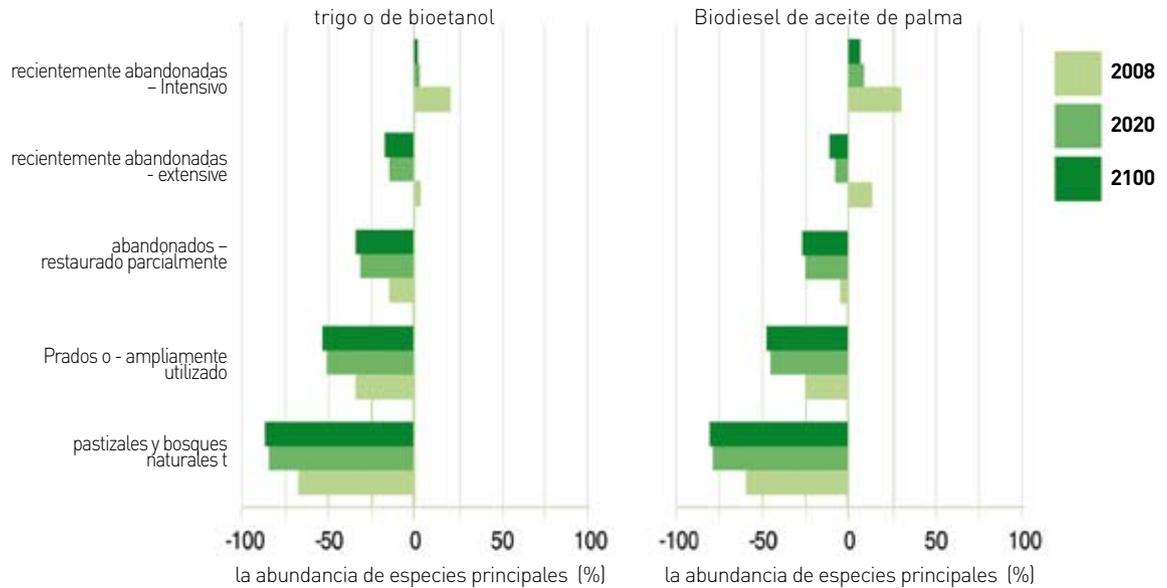
especies y genotipos de hierbas sugeridas como materias primas futuras de biocombustibles pueden convertirse en invasores críticos. El vertido de nutrientes al agua y al aire resultante del cultivo intensivo de biocombustibles afectará a la proporción de las especies en los sistemas acuáticos y terrestres.

El modelado del balance futuro de biodiversidad para cultivos diferentes en tipos diferentes de terrenos ha demostrado que las reducciones de gases de efecto invernadero debidas a la producción de biocombustibles a menudo no serán suficientes para compensar

los problemas de biodiversidad que surgen del aumento de la conversión del uso de la tierra, incluso aunque se considere un marco temporal de varias décadas.

Solamente se han observado efectos beneficiosos para la biodiversidad bajo ciertas circunstancias cuando se utilizan terrenos abandonados (dedicados anteriormente a una agricultura de uso intenso) o terrenos moderadamente degradados. En tales terrenos la producción de biocombustibles puede incluso aumentar la biodiversidad, según el sistema de producción empleado.

**Figura 9: Balance de biodiversidad por el cambio de uso del terreno: conversión de la cobertura del terreno frente a la anulación de cambio climático por la producción de trigo y aceite de palma**



Fuente: Eickhout et al. (2008)

reducción



**Opciones para una  
mayor eficacia de  
los recursos**

# de la carga

Existen vías disponibles para producir biomasa de manera más eficiente y sustentable y, por tanto, **reducir la carga sobre el medio ambiente.**

Las opciones varían desde medidas para mejorar la eficacia de la producción de biomasa, como el aumento de las cosechas, la optimización de la producción agrícola y la restauración de terreno ya degradado, al uso más eficiente de la biomasa, como el empleo de residuos y desperdicios de producción, hasta considerar rutas diferentes como, por ejemplo, tener en cuenta los sistemas de energía solar de origen mineral.

## Mejora de la producción de biomasa

### Aumento de las cosechas y optimización de la producción agrícola

El potencial para aumentar la productividad agrícola varía entre regiones. En los países en vías de desarrollo, la productividad de los cultivos y del terreno puede mejorar con el fin de aumentar la producción de los terrenos actuales. Parece que existe un gran potencial para aumentar la productividad de, por ejemplo, el África subsahariana, donde se han observado casos de avance cuando se han mejorado tanto el uso de técnicas agrícolas como las condiciones institucionales.

No obstante, si bien el aumento de la inversión en biocombustibles podría provocar ganancias en la productividad agrícola que podrían contagiarse a la producción de alimentos, esto aún debe ser probado y el debate entre alimentos y biocombustibles sigue siendo un asunto de preocupación. En países con altos niveles de cultivos, una limitación de creciente importancia es el aumento de los niveles de contaminación de nutrientes. Ajustar los cultivos y los métodos

agrícolas a las condiciones locales puede provocar un aumento de la eficacia y reducir la carga medioambiental. La manipulación genética puede aumentar la producción de lignocelulosas para biocombustibles de 2ª generación, aunque los riesgos para el ecosistema siguen siendo inciertos y se debería considerar un principio de precaución. Conjuntamente, la evolución global a escala mundial probablemente será un aumento bastante moderado de la producción agrícola.

**Figura 10: Tendencia mundial de la producción de cereales por regiones (1961 - 2005)**



Fuente: Hazel & Wood (2008) [adaptado de FAOSTAT 2006]

Ajuste de los tipos de cultivos y sus métodos a las condiciones locales.

# reducción de la carga

Es necesario investigar para establecer potenciales de producción realistas.

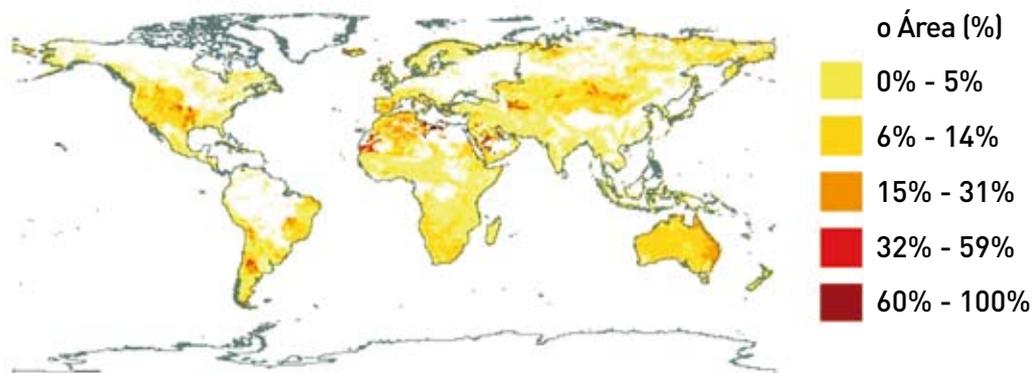
## Restauración de terrenos degradados

Para evitar conflictos del uso del terreno, podrían utilizarse tierras degradadas, «marginales» y abandonadas para la producción de biocombustibles. Ciertos cultivos, como el *Panicum virgatum* (pasto varilla o césped de pradera), pueden incluso restaurar la productividad del terreno degradado. Si bien la producción puede ser menos rentable, los proyectos de biocombustibles a pequeña escala, con *jatropha* por ejemplo, han demostrado su potencial para la provisión de energía localmente. Independientemente de lo anterior, existen retos y preocupaciones específicos sobre los cultivos y las ubicaciones, especialmente en lo que concierne la producción posible, los insumos necesarios y a los efectos secundarios sobre el agua y la

biodiversidad. Si bien se han sugerido áreas de gran potencial en terrenos degradados y abandonados, parece que es necesario investigar más para establecer cuáles son los potenciales reales de producción, así como para proporcionar una guía para la gestión de los terrenos y, en particular, para equilibrar los costes medioambientales y los beneficios de cualquier conversión del terreno en contra de la regeneración natural. Por ejemplo, algunas áreas actualmente clasificadas como “marginales” también pueden albergar grandes niveles de biodiversidad.

Asimismo, en algunas áreas abandonadas, la regeneración de los hábitats naturales podría ser más beneficiosa desde una perspectiva medioambiental que la plantación de cultivos para biocombustibles.

Figura 11: Potencial mundial de terreno abandonado



Fuente: Campbell et al. (2008)

## Usar la biomasa más eficazmente

### Uso de residuos y desperdicios de producción

La recuperación energética de residuos y desperdicios puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero sin necesitar terreno adicional. Especialmente, los residuos orgánicos municipales, agropecuarios y forestales proporcionan un importante potencial energético que aún se mantiene sin explotar en gran medida. Desde una perspectiva medioambiental, no tienen la necesidad de un uso directo del terreno, pero siguen preocupando asuntos como las emisiones de la incineración de residuos y la cantidad de residuos que podrían retirarse sustentablemente del bosque o del campo. Es necesario investigar más para determinar el balance adecuado de residuos que deberían permanecer en el campo o en el bosque para mantener la fertilidad del suelo y su contenido en carbono, y la cantidad que puede retirarse con fines energéticos, así como el reciclado de nutrientes después de la recuperación energética.

### Uso en cascada de biomasa

El uso de biomasa para producir primero un material y luego recuperar el contenido energético del residuo resultante puede maximizar la mitigación potencial de CO2 por parte de la biomasa. A través de la reutilización se puede desplazar más materia prima de combustible fósil con una menor cantidad de biomasa y, por tanto, también reducir

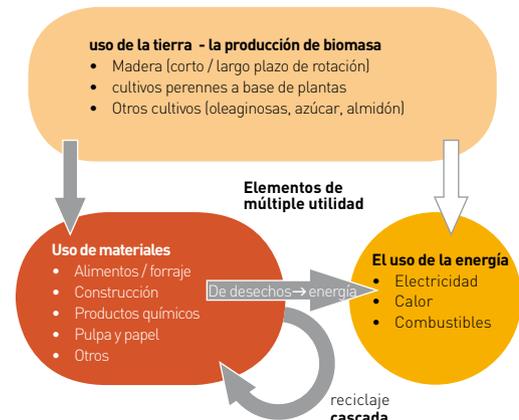
Es necesario determinar el balance adecuado de residuos que deberían permanecer en el campo o en el bosque, así como la cantidad que pueden retirarse para su uso energético.

Es necesario determinar el potencial del uso en cascada con respecto a los usos de la biomasa y las necesidades de recursos.

la demanda de terreno, maximizando a la vez el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero. Esto es particularmente importante ya que se espera que la producción de materiales biológicos crezca, y un crecimiento no verificado podría conducir a limitaciones y asuntos preocupantes sobre el cambio de uso del terreno de manera similar a lo que ocurre con los biocombustibles. Aunque el uso en cascada puede reducir la competencia entre el uso material y energético de la biomasa, la competencia entre usos también puede obstaculizar la prolongación de las cadenas en cascada. Esto puede ya observarse con ciertos productos forestales y en la energía procedente de la madera.

Es necesario investigar más para determinar el potencial de cascada de los usos de la biomasa (alimentos, fibra, combustibles y plásticos) y las necesidades de recursos (terreno, materias primas y energía).

Figura 12: Uso en cascada de biomasa



Fuente: A partir de Dornburg [2004]

# reducción de la carga

La sustitución del uso tradicional de biomasa para calefacción y cocina podría ayudar a superar la pobreza energética y a mejorar las condiciones sanitarias.

## Uso de biomasa para energía y calor

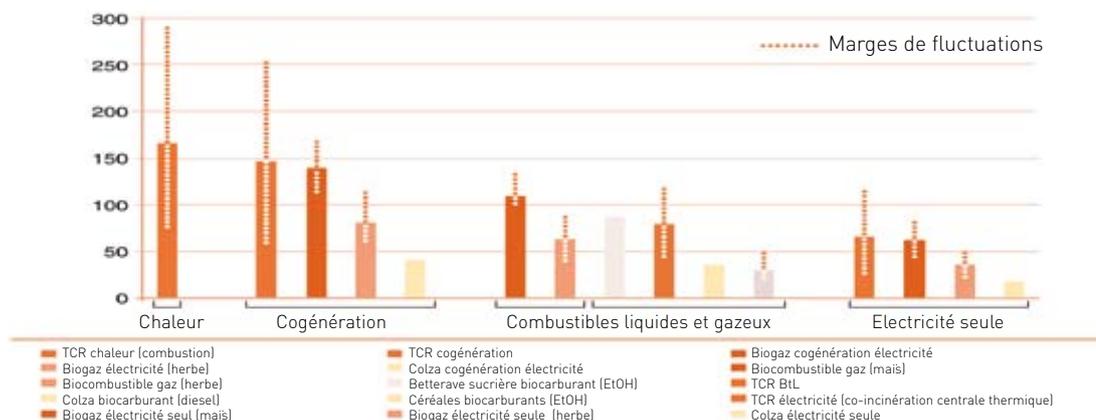
El uso de biomasa en un lugar fijo (para generar calor o electricidad) es típicamente más eficiente energéticamente que el hecho de convertir la biomasa en un combustible líquido. Esto también ofrece mayores ahorros de CO<sub>2</sub> a un coste menor. Incluso cuando se consideran biocombustibles avanzados como la BtL, la sustitución de combustibles fósiles para la generación de calor y energía por madera podría ahorrar aún más emisiones de gases de efecto invernadero.

Las tecnologías de uso fijo (no móvil) ofrecen opciones prometedoras para la provisión energética a la comunidad y las viviendas en los países en vías de desarrollo. La sustitución del

uso tradicional de biomasa para calefacción y cocina, por ejemplo, podría ayudar a superar la pobreza energética y a mejorar las condiciones sanitarias.

En los países desarrollados, la tecnología de vanguardia proporciona servicios multifuncionales, por ejemplo, al combinar el tratamiento de residuos con la provisión de energía. El biogas es un ejemplo de aplicación de uso estacionario pensado para tener un potencial particularmente bueno como fuente de energía renovable con un ahorro excelente de gases de efecto invernadero, especialmente cuando en su producción se utilizan residuos. Si bien se deben tener en cuenta las preocupaciones ecológicas y del uso del terreno cuando el biogas es generado a partir de cultivos.

**Figura 13: Resumen de producción energética actual (neta) de materias primas renovables por diferentes trayectorias de uso en GJ/ha**



\*Notas: El uso de Miscanthus (pasto zebra) produce aproximadamente un 20 % más que la plantación de rotación corta, pero esta posibilidad aún no se ha considerado porque la tecnología todavía no es viable comercialmente. En el caso de calor, la cogeneración, y energía (sin calor), se incluyen las eficiencias de utilización; en el caso de combustibles para motores solamente se incluyen las pérdidas de producción, pero no las pérdidas de utilización. Por tanto los datos solamente se pueden comparar hasta un límite; el uso de los combustibles en vehículos a motor reducirá la producción energética aún más. SRP = plantación de rotación corta, BTL = biomasa a líquido, PP = planta energética, CHP = cogeneración, EtOH = etanol, SB = remolacha de azúcar. Fuentes: SRU (2007) (adaptado de LfU 2004: Arnold et al. 2006; DENA 2006; FNR 2005, 2005b, 2006; Keymer y Reinhold 2006; Schindler y Weindorf 2006)

Los sistemas de energía solar transforman la radiación solar en energía útil pero más eficientemente.

## Consideración de diferentes sistemas de suministro de energía

### Sistemas de energía solar minerales

Al igual que la biomasa, los sistemas de energía solar también transforman la radiación solar en energía útil pero mucho más eficientemente. En particular, la energía solar requiere un uso mucho menor del terreno y también puede conllevar un menor impacto ambiental.

Si bien la energía solar aún tiene una desventaja económica por su coste, se espera que ésta disminuya. Las aplicaciones no conectadas a la red ya son económicamente viables. Otras tecnologías como las cocinas solares pueden sustituir a la biomasa tradicional en países en vías de desarrollo. Como tales opciones ofrecen servicios similares a los de los biocombustibles, se debe examinar su aplicación como alternativa potencialmente más beneficiosa para el entorno sociocultural y ecológico local.



# políticas basadas

## Estrategias y medidas



Puede desarrollarse una producción sustentable de biocombustibles si se implementan estrategias para aumentar la productividad de los recursos. Ciertas **medidas** pueden reducir la carga medioambiental sobre los recursos naturales y aportar beneficios sociales.

Las legislaciones y objetivos se han sometido a examen dado que no están suficientemente avalados por la ciencia.

Se necesitan instrumentos políticos que promuevan patrones de uso sustentable de los terrenos y que ajusten la demanda a los niveles que pueden suministrarse sustentablemente.

## Legislación, objetivos y normas

El desarrollo de la industria de los biocombustibles ha sido estimulado enormemente por los Gobiernos a través de la legislación, la creación de objetivos y de distintos mecanismos de apoyo (como subsidios) principalmente para conseguir seguridad energética. Conforme han salido a la luz las consecuencias negativas para el medio ambiente de los biocombustibles, estas políticas se han sometido a examen al no estar suficientemente avaladas por la ciencia. En particular, aunque la mitigación del cambio climático es una razón importante para el apoyo de los biocombustibles, el potencial de mitigación de estos actualmente es bastante mínimo en términos generales y los costes hasta ahora parecen desproporcionadamente elevados. Por ejemplo, según la OCDE, el subsidio en los Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea representa entre 960 y 1.700 dólares estadounidenses por tonelada de CO<sub>2</sub>eq que se evita en tales países. Esta cantidad supera en gran medida el valor del carbono en los mercados de carbono europeos y estadounidenses. Si bien el comercio se ha limitado hasta ahora, se espera que crezca como consecuencia de que los objetivos no podrán satisfacer la producción doméstica en la mayoría de los países.

Para abordar las preocupaciones crecientes de los efectos colaterales indeseados

de los biocombustibles, algunos países han empezado a promover normas de sostenibilidad para la producción de bioenergía. Estas normas y programas de certificación asociados se fundamentan en el análisis del ciclo de vida basado en el proyecto y a menudo solamente tienen en cuenta algunos impactos de la cadena de producción. Es necesario realizar mayores esfuerzos para considerar totalmente no solo los efectos sobre los gases de efecto invernadero, sino que también otros impactos como la eutrofización y la acidificación de manera más completa.

También parece necesario crear iniciativas diseñadas para proteger las granjas de pequeña escala en la producción de biocombustibles a gran escala como, por ejemplo, con la etiqueta social de Brasil. Si bien se puede potenciar la mejora del desempeño de los biocombustibles en su ciclo de vida amplio (la «dimensión vertical» en el micronivel) mediante la certificación, tales normas de productos no son suficientes para evitar los cambios del uso de los terrenos por la mayor demanda de cultivos para biocombustibles (la «dimensión horizontal» en el macronivel). Para este fin se necesitan otros instrumentos políticos que promuevan patrones de uso sustentable de los terrenos y que ajusten la demanda a los niveles que pueden suministrarse sustentablemente.

# políticas basadas en la ciencia

- Desarrollo mayor de las normas de producción y de la certificación de los biocombustibles para tener en cuenta todos los impactos sociales y medioambientales relevantes
- Para una evaluación suficiente de los biocombustibles se debe considerar la información sobre:
  - tipos específicos de productos y condiciones de producción, y
  - consumo y uso del terreno para biomasa de manera global
- Reconsiderar los objetivos, leyes y cuotas políticos actuales (limitar la demanda a niveles que puedan suministrarse sustentablemente)
- Desarrollar programas nacionales y regionales de gestión de recursos
  - incluye la protección del clima y de la biodiversidad, la seguridad alimentaria y la seguridad energética
  - considerar el uso de los terrenos para consumo doméstico (limitar el desplazamiento de la carga medioambiental a otros lugares)
- Usar instrumentos económicos para aumentar la productividad de los recursos (por ejemplo, reformar los subsidios, incluidos los de los combustibles fósiles)

## **Promoción del uso sustentable del terreno para la producción de biomasa**

Será necesario aumentar la producción agrícola tanto desde el punto de vista

alimentario como no alimentario. La clave es movilizar el potencial de regiones donde existen retrasos en el aumento de productividad, como en el África subsahariana.

Aunque es necesario aplicar varias medidas para superar las limitaciones actuales, la inversión extranjera acelerada en cultivos de biocombustibles puede implicar un avance más amplio, si bien los beneficios para la población local pueden seguir siendo limitados por lo que deberían supervisarse.

Se está investigando el cultivo de especies perennes con necesidades reducidas de insumos. Aunque esto podría ayudar a reducir la carga medioambiental del terreno, del agua y de los insumos necesarios, se mantienen los problemas referentes al uso del terreno y la biodiversidad (si el desarrollo se lleva a cabo en terreno cultivable o de alto valor de conservación).

La ampliación de los terrenos de cultivo, tanto para la producción alimentaria como no alimentaria, no deberá producirse a expensas de ecosistemas naturales de alto valor, hecho también vigilado por los servicios de conservación de ecosistemas. Se están desarrollando varios mecanismos para proteger los terrenos como, por ejemplo, dotarlos de un valor económico o de una zona agroecológica como actualmente se está haciendo en el Amazonas brasileño. Limitar los nuevos campos de labor a terrenos degradados es otra estrategia importante, pero se necesita investigar más sobre los posibles costes y beneficios medioambientales.

Se necesitan marcos de gestión integral del uso de la tierra a escala regional, nacional e internacional.

También se podría promover la incorporación al mercado de la energía generada por residuos y desperdicios con medidas que tuvieran en cuenta las tarifas de alimentación y orientadas al mercado, tales como la facturación verde (o green pricing).

Se necesitan directrices de gestión integral del uso de la tierra a escala regional, nacional e internacional que tengan en cuenta la agricultura, silvicultura, asentamientos/ infraestructuras/minería y la conservación natural para conseguir un uso sustentable de los recursos. Los países tienen que supervisar el uso actual y potencial de los terrenos, considerando los impactos que el consumo nacional de los recursos tienen sobre el medio ambiente doméstico y, si procede, sobre el medio ambiente mundial (incluyendo el cambio inducido de uso de los terrenos mundialmente y las subsecuentes emisiones de gases de efecto invernadero).

- Movilizar los potenciales agrícolas en las regiones con retraso (aumento de la productividad de una manera beneficiosa medioambientalmente y socialmente)
- Limitar la expansión de los terrenos cultivables y dirigir el nuevo desarrollo hacia terrenos degradados, considerando



los impactos sociales y medioambientales potenciales

- Investigar sobre cultivos de especies perennes con reducida utilización insumos para limitar la eutrofización

## Fomento de un uso más eficiente de la biomasa

En el futuro, los biocombustibles avanzados como los celulósicos derivados de los residuos de procesamiento de la madera, la paja o del desperdicio del maíz, podrán mejorar la eficacia de los biocombustibles en cuanto a los recursos. No obstante, es necesario investigar más sobre su potencial real, sus impactos medioambientales y sus necesidades de uso de tierra.

Como el uso estacionario de los biocombustibles para generar calor, energía y cogeneración es habitualmente más productivo tendiendo en cuenta el recurso que cuando se utilizan para el transporte, las políticas deberían apoyar el uso no móvil. El empleo de microcréditos para financiar aplicaciones estacionarias es una política que se ha utilizado a menudo en países en vías de desarrollo, mientras que en algunos países desarrollados se han usado ampliamente las tarifas de alimentación. Es necesario investigar las posibles consecuencias para el medio ambiente mundial del aumento del uso estacionario, especialmente en lo que respecta a la creciente demanda de productos forestales para uso energético.

En varios países se han establecido políticas para promover el reciclado y la eficacia

# políticas basadas en la ciencia

Los niveles de consumo deben reducirse significativamente para que los biocombustibles puedan sustituir la parte correspondiente de combustibles fósiles.

energética de la gestión de residuos. También se podría promover la incorporación al mercado de la energía generada por residuos y desperdicios con medidas que tuvieran en cuenta las tarifas de alimentación y orientadas al mercado, tales como la facturación verde (o green pricing). Como los criterios de lo que es "verde" o ecológico algunas veces no están muy bien definidos, tales políticas deberían basarse en una estrategia completa de la biomasa que considere tanto el uso material como energético de la biomasa no alimentaria.

- Promover la energía procedente de residuos y desperdicios en lugar de cultivos
- Fomentar el uso en cascada de la biomasa
- Promover el uso de bioenergía para aplicaciones estacionarias (fijas) en vez de para el transporte

## **Aumentar la productividad energética y de los materiales en el transporte, la industria y los hogares**

Los recursos mundiales no permiten cambiar simplemente de recursos fósiles a biomasa y a la vez mantener los patrones actuales de consumo. Por el contrario, el nivel de consumo debe reducirse significativamente para que los biocombustibles puedan sustituir la parte correspondiente de combustibles fósiles. Para que esto ocurra, la eficacia del recurso en términos de servicios aportados por unidad de materia prima, energía y terreno deberá aumentar drásticamente. Con este fin, varios países desarrollados y en vías de desarrollo así

como organizaciones internacionales han formulado metas y objetivos para aumentar la productividad de los recursos (Factor X).

Diseñar un marco político para establecer incentivos para un uso más productivo de los recursos podría ser más eficaz y eficiente para fomentar un recurso sustentable que regular y fomentar tecnologías específicas. Por ejemplo, ciertos instrumentos económicos, como los impuestos sobre los combustibles usados en el transporte, han reducido el consumo global de combustibles y las emisiones de gases de efecto invernadero en algunos países.

Los países en vías de desarrollo tienen el reto de encontrar el equilibrio entre, por una parte, aumentar el suministro energético y mejorar su acceso, y aumentar los impactos medioambientales por otra parte. Se espera que el aumento de la productividad energética y de los materiales acerque ese equilibrio. Por ejemplo, China se ha impuesto el objetivo ambicioso de mejorar la productividad energética reduciendo la intensidad de energía en un 20% entre 2005 y 2010.

La búsqueda de alternativas debe ir más allá de los combustibles alternativos. La industria automovilística tiene el desafío de reducir drásticamente el consumo de combustible de los vehículos que produce. Algunos países ya han establecido normas para conseguir este fin. El sector automovilístico también está interesado en reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero de sus productos.

Dar incentivos para utilizar de manera más productiva los recursos podría ser más eficaz y eficiente que regular y fomentar tecnologías específicas.

Una acción coordinada podría acelerar el cambio mundial hacia la sustentabilidad. Un paso decisivo para este fin podría ser el compromiso voluntario de las industrias mundiales de automoción de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y las necesidades de recursos de sus productos en una cantidad importante dentro de los próximos años, así como desplazar su negocio hacia el aporte de servicios de movilidad.

- Limitar la demanda global de biomasa y energía, en particular, aumentar la eficacia del consumo de los vehículos y fomentar el cambio modal en el transporte

En conjunto se pueden emplear varias estrategias y medidas para desarrollar más profundamente políticas que puedan contribuir eficazmente a un uso más eficiente y sustentable de la biomasa y otros recursos.





# Abreviaturas, acrónimos y unidades

## Abreviatura y acrónimos

BtL	biomasa a líquido
CHP	cogeneración
EU	Unión Europea
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FT	Fisher-Tropsch
GFEC	Consumo final bruto de energía
GHG	Gas de efecto invernadero
GWP	Potencial de calentamiento global
IFEU	Instituto para la Investigación de Energía y Medio Ambiente
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
LCA	Análisis de ciclo de vida
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
RFA	Agencia de Combustibles Renovables
RSB	Mesa Redonda sobre Biocombustibles Sustentables
SCOPE	Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente
UNEP/PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

## Unidades

a	año
CO <sub>2</sub> eq	equivalentes de dióxido de carbono
EJ	Exajulios (10 <sup>18</sup> julios)
Gt	gigatonelada (10 <sup>9</sup> toneladas)
GW	gigavatio (10 <sup>9</sup> vatios)
ha	hectárea
Mha	millones de hectáreas
p.a.	al año
t	tonelada

## Abreviaturas de productos químicos

CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
EtOH	Etanol
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso

[www.unep.org](http://www.unep.org)

United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya  
Tel.: ++254-(0)20-762 1234  
Fax: ++254-(0)20-762 3927  
E-mail: [unep@unep.org](mailto:unep@unep.org)



**Este informe** fue producido por el grupo de Trabajo sobre los biocombustibles del Panel Internacional sobre la Gestión Sustentable de Recursos. Ofrece un panorama de los problemas clave y las perspectivas hacia la producción sustentable y el uso de biocombustibles. Se inspira de una bibliografía extensiva, tomando en cuenta las principales y más recientes corrientes. Se enfoca en los llamados “biocombustibles de primera generación” al considerar las posibles pautas de desarrollo.

Con el objetivo general de mejorar la productividad energética, se examinan opciones para una producción más eficiente y sustentable de producción y uso de la biomasa. En particular, se analiza “el uso de biomasa moderna” para objetivos energéticos, tales como la biomasa que se utiliza para la (co-) generación de calor y poder energético o biocombustibles líquidos para transporte, en relación con el uso de biomasa para fines alimentarios y materiales.

Si bien mejorar la eficiencia de la producción de biomasa contribuye a aumentar la sustentabilidad, el progreso dependerá, al fin y al cabo, de un uso más eficiente de recursos bióticos y abióticos (incluyendo por ejemplo ahorros en combustible de parques automovilísticos) aunque el análisis completo de todas las estrategias para alcanzar esta meta (como cambiar las dietas alimenticias de alto consumo animal y reducir la pérdida de comida) va más allá del objetivo de este informe.