



**Consejo Económico y
Social**

Distr.
GENERAL

E/C.13/1996/4
4 de abril de 1996
ESPAÑOL
ORIGINAL: INGLÉS

COMITÉ DE FUENTES DE ENERGÍA NUEVAS Y RENOVABLES
Y DE ENERGÍA PARA EL DESARROLLO
Segundo período de sesiones
12 a 23 de febrero de 1996

FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA CON PARTICULAR HINCAPIÉ
EN LA BIOMASA: PROGRESO Y POLÍTICAS

Informe del Secretario General*

Resumen

La energía obtenida de la biomasa, o bioenergía, está despertando cada vez más interés debido a una combinación de factores: una mayor conciencia de su papel actual y de la contribución que podría hacer en el futuro como un combustible moderno; su disponibilidad, versatilidad y sostenibilidad; sus beneficios ambientales a nivel mundial y local; y las oportunidades que brinda en materia de desarrollo y fomento empresarial. En los últimos años se ha venido acumulando un volumen considerable de avances y conocimientos tecnológicos en muchos aspectos de la energía obtenida de la biomasa; sin embargo, pese a estas ventajas y avances, la bioenergía se sigue enfrentando con muchos obstáculos debido a factores económicos e institucionales y a algunos factores técnicos. En muchos países en que la bioenergía desempeña actualmente un papel muy importante tanto desde el punto de vista socioeconómico como del energético, se le están destinando pocos recursos.

La biomasa tiene un enorme potencial no aprovechado, particularmente en lo que se refiere a aprovechamiento de los recursos existentes, forestales y de otro tipo, aumento de la productividad de las plantas, y utilización de procesos de conversión eficientes con tecnologías avanzadas. La biomasa podría proporcionar económicamente una cantidad mucho mayor de energía útil que la que se obtiene actualmente. Hay posibilidades considerables de modernizar los combustibles obtenidos a partir de la biomasa para producir portadores convenientes y menos contaminantes de energía, tales como electricidad, gases y combustibles para el transporte, y de continuar al mismo tiempo los usos tradicionales de la biomasa. Cuando se produce energía a partir de la biomasa en forma eficiente y sostenible, se logran numerosos beneficios ambientales y sociales: creación de empleo, aprovechamiento del excedente de tierras agrícolas en los países industrializados, abastecimiento de las comunidades rurales de los países en desarrollo con formas modernas de energía, mejor ordenación de las tierras, y reducción de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) y azufre en la atmósfera.

* Presentado anteriormente al Comité bajo la signatura
E/C.13/1996/CRP.1.

La mayoría de las tecnologías para obtener energía de la biomasa no han alcanzado aún el punto en que se pueden dejar libradas totalmente a las fuerzas del mercado. Sus costos varían mucho y dependen de numerosos factores tales como las materias primas, las prácticas de gestión, la tecnología y consideraciones ambientales. Una de las principales barreras a la comercialización de las tecnologías de aprovechamiento de fuentes de energía renovables, incluida la bioenergía, es el hecho de que los mercados actuales de energía no tienen en cuenta, en su mayor parte, los costos y riesgos sociales y ambientales vinculados con el uso de combustibles tradicionales, los subsidios ocultos, los costos a largo plazo del agotamiento de recursos finitos, ni los costos de asegurar un suministro fiable de energía de fuentes extranjeras. Las crecientes presiones ambientales y ecológicas, combinadas con los avances tecnológicos y las mejoras de la eficiencia y la productividad, están contribuyendo a aumentar el interés económico de la biomasa en muchas partes del mundo. Los avances tecnológicos están abriendo a la bioenergía numerosas oportunidades que hace unos pocos años se consideraban posibilidades remotas. Entre estos avances cabe mencionar los siguientes: tecnología avanzada de ciclo de vapor con cogeneración; co-combustión con combustibles fósiles; tecnologías avanzadas de gasificación integrada; turbinas de combustión alimentadas con crudo de origen biológico; producción de metanol e hidrógeno a partir de la biomasa; y vehículos impulsados por pilas de combustible. La demanda de energía seguirá aumentando, aunque la velocidad con que lo haga dependerá de las tendencias demográficas, el crecimiento económico y los avances tecnológicos. La bioenergía, tanto en sus formas tradicionales como modernas, puede hacer una contribución importante al suministro de energía sostenible, al desarrollo socioeconómico y al logro de un medio ambiente más limpio. Sin embargo, para que ello sea posible, la bioenergía debe dejar de ser considerada el "combustible de los pobres".

ÍNDICE

| | <u>Párrafos</u> | <u>Página</u> |
|---|-----------------|---------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 | 4 |
| I. ANTECEDENTES | 2 - 4 | 4 |
| II. POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE BIOMASA . | 5 - 17 | 5 |
| A. Perspectiva histórica | 5 - 10 | 5 |
| B. Potencial actual | 11 - 12 | 7 |
| C. Futuros hipotéticos de la utilización de energía derivada de la biomasa | 13 - 17 | 8 |
| III. EFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES | 18 - 35 | 10 |
| A. Efectos ambientales | 18 - 27 | 10 |
| B. Consideraciones sociales | 28 - 35 | 15 |
| IV. TENDENCIAS EN MATERIA DE TECNOLOGÍA Y BIOENERGÍA MODERNA | 36 - 65 | 18 |
| A. Tendencias en materia de tecnología | 36 - 45 | 18 |
| B. Usos actuales | 46 - 65 | 22 |
| V. RENTABILIDAD Y COSTOS DE LA BIOMASA | 66 - 86 | 27 |
| A. Producción de biomasa | 69 - 73 | 28 |
| B. Electricidad y energía térmica | 74 - 76 | 29 |
| C. Combustibles líquidos y gaseosos | 77 - 80 | 30 |
| D. Comparación de los costos de las diversas formas de biomasa con una misma metodología | 81 | 34 |
| E. Costos externos | 82 - 85 | 34 |
| F. Resumen | 86 | 35 |
| VI. NECESIDADES Y CONSECUENCIAS POLÍTICAS | 87 - 100 | 36 |
| A. Incentivos fiscales | 90 - 91 | 37 |
| B. Tendencias futuras en materia de energía . . | 92 - 98 | 38 |
| C. Lagunas más importantes en materia de investigación | 99 - 100 | 40 |
| VII. CONCLUSIONES | 101 - 112 | 40 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 113 | 43 |

INTRODUCCIÓN

1. El Comité de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables y de Energía para el Desarrollo en su primer período de sesiones (7 a 18 de febrero de 1994) pidió al Secretario General que preparara un informe sobre fuentes de energía renovables: progreso, políticas y coordinación¹. En el período extraordinario de sesiones, el tema del informe se cambió a "Fuentes renovables de energía con particular hincapié en la biomasa: progreso y políticas"², y el Consejo Económico y Social aprobó dicho cambio en su período de sesiones sustantivo celebrado en julio de 1995 (decisión 1995/240). El presente informe, preparado en respuesta al pedido del Comité, se basa en un amplio estudio encargado por la Secretaría³.

I. ANTECEDENTES

2. El creciente interés que está despertando la bioenergía en todo el mundo como una forma moderna de energía se debe a los factores siguientes:

a) La conciencia de su enorme potencial; la conciencia de la creciente necesidad de proporcionar formas modernas de energía a un costo razonable, particularmente a los sectores rurales y urbanos más pobres; los considerables progresos técnicos logrados en el último decenio, principalmente en el mundo industrializado; la posibilidad de convertir la biomasa en otras formas de energía convenientes y "modernas" tales como electricidad y combustibles líquidos y gaseosos, lo que podría contribuir a promover la industrialización rural y ayudar a detener la migración urbana; la conciencia de que la energía derivada de la biomasa permitiría diversificar la oferta de energía y promover una mayor competencia;

b) La creciente preocupación por las consecuencias ambientales del uso de combustibles fósiles, junto con las posibles ventajas ambientales y ecológicas a nivel local y mundial de la bioenergía producida en forma sostenible;

c) Una mayor conciencia de los beneficios económicos que la biomasa podría brindar a nivel local; el descubrimiento de que el desarrollo y la introducción de la bioenergía se pueden acelerar en las condiciones apropiadas, ya que las tecnologías de obtención de energía a partir de la biomasa son modulares y de escala relativamente reducida en comparación con la mayoría de los métodos actuales de obtención de energía; las oportunidades de empleo (por ejemplo, en el Brasil el sector bioenergético moderno emplea cerca de 1 millón de personas);

d) Ventajas económicas: pese al bajo precio del petróleo, el interés económico de la bioenergía está creciendo debido a una combinación de factores (preocupación por el medio ambiente, sostenibilidad, avances tecnológicos, demanda creciente de energía, etc.);

e) Nuevas posibilidades de reducir los subsidios estatales a los agricultores gracias a la producción económicamente viable de bioenergía en tierras sobrantes y un interés cada vez mayor en nuevos cultivos para fines distintos de la producción de alimentos, y en usos nuevos para cultivos existentes, en respuesta a presiones crecientes en materia de medio ambiente y sostenibilidad.

3. Pese a este interés creciente, la bioenergía sigue tropezando con dificultades debidas a:

- a) Un apoyo político, financiero e institucional inadecuado;
- b) La falta de fondos suficientes para financiar actividades de investigación y desarrollo y de demostración, particularmente en los países en desarrollo;
- c) La exclusión de los costos externos y de los beneficios no monetarios al realizar la evaluación económica de las diversas opciones en materia de energía, lo que pone en desventaja a la energía derivada de la biomasa en comparación con las fuentes tradicionales de energía;
- d) Los bajos precios del petróleo;
- e) El carácter variado y a veces impredecible de las fuentes y de los usos de la energía derivada de la biomasa;
- f) La percepción de que la disponibilidad de tierras podría ser un problema si la bioenergía entrara en competencia con la producción de alimentos.

Otro importante problema es que muchas fuentes de energía derivadas de la biomasa, particularmente la leña, se siguen obteniendo sin costo alguno o a un costo muy reducido, particularmente en los países en desarrollo; por consiguiente hay pocos incentivos para mejorar la eficiencia energética o para hallar otras fuentes de energía, a menos que éstas tengan el mismo costo por unidad de energía entregada. Por consiguiente no siempre se ha otorgado prioridad al mejoramiento de la eficiencia del aprovechamiento de los combustibles obtenidos de la biomasa, y otros factores no relacionados con la energía, tales como la facilidad de uso, pueden tener más importancia.

4. Uno de los problemas con la percepción del papel de la energía derivada de la biomasa es la falta de datos fiables sobre su utilización a nivel nacional, regional y mundial. Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), sólo un 6% de la energía del mundo proviene de la biomasa, pero otros cálculos indican que dicha cifra sería cercana al 14% (equivalente a 55 exajoules (EJ)). Semejantes discrepancias pueden llevar a los planificadores a subestimar la importancia de la bioenergía; ello puede ser particularmente perjudicial a nivel de país, ya que en algunos casos la biomasa podría satisfacer del 80% al 90% de las necesidades nacionales de energía.

II. POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS FUENTES DE BIOMASA

A. Perspectiva histórica

5. Es posible distinguir cuatro usos generales de la biomasa:

- a) Necesidades básicas tales como alimentos, fibras, etc.;
- b) Energía para fines domésticos e industriales;

- c) Materiales: construcción, etc.;
- d) Usos ambientales y culturales: uso del fuego, etc.

El uso de la biomasa ha variado considerablemente a lo largo de la historia y ha sido determinado por dos factores principales: el tamaño de la población y la disponibilidad de recursos.

6. La madera y el carbón vegetal impulsaron el desarrollo industrial de Europa hasta bien entrado el siglo XIX. En los Estados Unidos, los bosques desempeñaron un papel particularmente importante en el desarrollo socioeconómico del país. Entre el siglo XVII y los comienzos del siglo XX la madera fue la materia prima más valiosa en la vida y el trabajo de la población estadounidense. Hoy en día hay aún por todo el mundo numerosas industrias manufactureras y de servicios basadas en la biomasa, que van de la fabricación de ladrillos y azulejos, la manufactura de acero, el trabajo en metal y la fabricación de tejidos hasta la elaboración de pan y otros productos alimenticios, y la explotación de restaurantes. Por ejemplo, en la India cerca del 50% de la producción industrial rural se basa en la biomasa, y en la República Unida de Tanzania estas industrias consumieron más de 2 millones de toneladas de leña en 1992. A corto y mediano plazo, la biomasa seguirá siendo la principal fuente de energía de la mayoría de las industrias rurales. Un grave problema es que las técnicas utilizadas son en general muy ineficientes.

7. Es difícil cuantificar el uso de la energía derivada de la biomasa, particularmente en sus formas tradicionales, lo que crea más problemas. Hay dos razones principales para ello. En primer lugar, la biomasa se considera en general un combustible de poco prestigio, "para gente pobre", y por ello rara vez se incluye en las estadísticas oficiales; cuando ello ocurre se tiende a restarle importancia. Los usos tradicionales de la biomasa (leña, carbón vegetal, estiércol y residuos agrícolas) se vinculan incorrectamente con los problemas de la deforestación y la desertificación. En Zambia central, la principal zona productora de carbón vegetal del país, no hay señales de degradación de la tierra como consecuencia de la deforestación causada por la explotación de madera para leña o para carbón vegetal. La segunda razón es que debido a que la biomasa es una fuente de energía dispersa y se utiliza de manera ineficiente, se obtiene muy poca energía como producto final. Por ejemplo, el carbón vegetal es un combustible muy importante en muchos países en desarrollo, pero el rendimiento es muy bajo: cerca del 12% (en seco) en Zambia y entre el 8% y el 10% en Rwanda. Hay grandes posibilidades de aumentar la eficiencia de la producción de carbón vegetal: en el Brasil los mejores hornos tienen una eficiencia de cerca del 35%.

8. Lo que distingue a las formas modernas de obtención de energía a partir de la biomasa y de las formas tradicionales es su capacidad de producir energía limpia y conveniente con mayor eficiencia, mediante tecnologías modernas, muchas veces como producto secundario de otra actividad principal, como la generación de electricidad a partir del bagazo de la caña de azúcar y de los residuos forestales de la industria papelera. En los Estados Unidos la mayoría de las instalaciones de aprovechamiento de biomasa son sistemas independientes de generación de electricidad y de cogeneración (entre 10 y 25 MW), muchas de ellas adyacentes a plantas papeleras que constituyen una abundante fuente de residuos. Se prevé que para el año 2020 este tipo de plantas representará entre el 5% y el

10% de la capacidad de generación de electricidad en los Estados Unidos. Por el contrario, la bioenergía tradicional se usa en general en aplicaciones en pequeña escala, y forma a menudo parte de la economía local no estructurada y no monetizada.

9. La imagen relativamente desfavorable de la biomasa está cambiando por tres razones principales:

a) Los considerables esfuerzos realizados en los últimos años para presentar un panorama más equilibrado y realista del uso actual y de las posibilidades futuras de la biomasa, mediante nuevos estudios, proyectos de demostración y plantas piloto;

b) La creciente utilización de la biomasa como un portador moderno de energía, particularmente en los países industrializados;

c) Una mayor conciencia de las ventajas ambientales a nivel local y mundial de la biomasa y de las medidas necesarias para controlar las emisiones netas de CO₂ y de azufre.

10. Contrariamente a una opinión muy difundida, la utilización de la biomasa a nivel mundial ha permanecido constante o está aumentando debido al crecimiento demográfico y a la urbanización y la mejora en los niveles de vida. A medida que los niveles de vida mejoran, muchos habitantes de las zonas rurales y urbanas de los países en desarrollo comienzan a usar la biomasa con otros fines (carbón de leña, materiales de construcción, industrias artesanales, etc). Por consiguiente, la urbanización no lleva necesariamente a un cambio total en favor de los combustibles fósiles. En los distritos de Thazi y Meiktila en Myanmar, el crecimiento demográfico y el desarrollo de prósperas industrias artesanales ha llevado en los últimos años a un aumento considerable en el consumo de leña. En Zambia y en Rwanda la urbanización ha ocasionado un aumento considerable en el uso de leña para carbón vegetal. En Madagascar se comprobó que al mejorar los niveles de vida los habitantes de las ciudades seguían utilizando leña y carbón vegetal.

B. Potencial actual

11. Los biorrecursos son potencialmente la mayor fuente sostenible de combustible del mundo: un recurso renovable de 220.000 millones de toneladas secas (cerca de 4.500 EJ) de producción primaria anual. La energía acumulada anualmente por fotosíntesis en la biomasa es de ocho a diez veces mayor que el uso actual de energía de todas las fuentes. El problema no es la disponibilidad sino la gestión sostenible y el suministro de energía a quienes la necesiten. En la práctica, debido a diversas limitaciones económicas y ambientales, sólo unos pocos tipos de biomasa pueden considerarse seriamente como materia prima y posible fuente de energía. Los residuos forestales y agrícolas son muy valiosos, ya que constituyen una fuente inmediata y relativamente barata de energía y pueden usarse como materia prima inicial para el desarrollo de la industria de la bioenergía. A menudo ofrecen también una manera ecológicamente aceptable de eliminar desechos indeseables y contaminantes, por lo que su uso puede ser ecológicamente sostenible. Por ejemplo, las cenizas de los hornos y los efluentes de los digestores pueden devolverse al suelo como fertilizantes.

El contenido energético de los residuos potencialmente aprovechables a nivel mundial es de cerca de 93 EJ anuales. Si se pudiera aprovechar tan sólo un 25% de esta cifra, se podría satisfacer el 7% de la demanda mundial de energía.

12. Si bien los residuos pueden dar un importante impulso inicial a la industria de la bioenergía, la futura producción de energía en gran escala a partir de biomasa dependerá probablemente de cultivos dedicados específicamente a la obtención de energía, tales como la caña de azúcar, el Miscanthus, el Panicum coloratum y ciertos árboles (particularmente la silvicultura de rotación rápida). Es necesario mejorar la productividad de la biomasa, que en general es baja: muy inferior a las 5 toneladas secas por hectárea y por año para especies leñosas, sin una gestión adecuada. Con una buena gestión, un estudio continuo y el cultivo de especies y clones seleccionados en suelos apropiados, es posible actualmente obtener de 10 a 15 toneladas por hectárea y por año en zonas de clima templado, y de 15 a 25 toneladas por hectárea y por año en países tropicales. Se ha llegado a obtener 40 toneladas por hectárea por año con el cultivo del eucalipto en el Brasil y en Etiopía. También es posible lograr rendimientos elevados con cultivos herbáceos (no leñosos); por ejemplo, el rendimiento medio de etanol a partir de la caña de azúcar en el Brasil ha subido de 2.400 litros por hectárea (1976/1977) a 5.000 litros por hectárea (1993/1994).

C. Futuros hipotéticos de la utilización de energía derivada de la biomasa

13. En los últimos años se han publicado varias descripciones de futuros hipotéticos en materia de energía a nivel mundial, en la mayoría de los cuales la eficiencia energética de las fuentes renovables de energía desempeña un papel importante, y en algunos de los cuales se ha estudiado la biomasa en detalle y se ha otorgado un papel importante a la bioenergía. En la hipótesis energética mundial de uso intensivo de fuentes renovables se propone un papel importante para la biomasa en el siglo venidero. Se llega a la conclusión de que para el año 2050 las fuentes renovables de energía podrían representar tres quintas partes del mercado mundial de electricidad y dos quintas partes del mercado de combustibles usados directamente. En esta hipótesis la biomasa proporcionaría cerca del 38% de los combustibles usados directamente y el 17% de la electricidad. Los análisis regionales detallados indican cómo América Latina y África podrían convertirse en importantes exportadores de biocombustibles.

14. La hipótesis energética ecológicamente compatible elaborada por el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas predice que la oferta primaria de energía ascenderá a 12,7 gigatoneladas de equivalente en petróleo (Gtep) (533 EJ) y que la energía derivada de la biomasa (residuos, plantaciones y cultivos energéticos y bosques) contribuirá el 12% de dicha cifra (62 EJ). Ello excluye los usos tradicionales de energía no comercial derivada de la biomasa, como la leña en los países en desarrollo. La hipótesis energética sin combustibles fósiles preparada por Greenpeace pronostica que para el año 2030 la biomasa podría proporcionar el 24% (91 EJ) de la oferta primaria de energía (384 EJ), frente al 7% (22 EJ) de un total de 388 EJ en la actualidad. La oferta de biomasa podría proceder por partes iguales de los países en desarrollo y de los países industrializados.

15. El Consejo Mundial de Energía examinó casos de oferta mundial de energía hasta el año 2020 que varían entre un caso de oferta "baja" de 475 EJ (determinada por consideraciones ecológicas) y un caso de oferta "muy alta" de 722 EJ, con un caso "de referencia" con una oferta total de 563 EJ. En el caso determinado por consideraciones ecológicas, la biomasa tradicional podría contribuir cerca del 9% de la oferta total y la biomasa moderna proporcionaría un 5% más, es decir, 24 EJ. Las nuevas fuentes renovables de energía (biomasa moderna, energía solar, energía eólica, etc.) podrían suministrar en total cerca del 12%. En el caso de crecimiento elevado estas contribuciones serían del 8% y del 5%, respectivamente, de una oferta total más elevada. El Organismo Internacional de Energía estudió la demanda primaria total mundial de energía en los próximos 15 años y estimó que para el año 2010 se necesitarían 486 EJ, frente a 330 EJ en la actualidad. Se prevé que la mayor parte del aumento en la demanda se producirá en los países que no pertenecen a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). En el análisis del Organismo Internacional de Energía, la biomasa se incluye en el concepto de "carbón y otros combustibles sólidos", cuya demanda mundial crecería a razón de un 2,1% anual. En la hipótesis de desarrollo tradicional se adopta una visión prudente de la bioenergía, que representa del 4% al 5% (36 a 45 EJ) de la oferta primaria mundial de energía (más de 900 EJ) en el año 2050. Una hipótesis optimista (GREENS) propone que ya para el año 2015 la biomasa podría proporcionar el 75% de la energía del mundo. En la hipótesis del sentido común, la electricidad obtenida de cultivos energéticos en tierras abandonadas y en el 10% de las tierras de los países en desarrollo podría representar el 33% (46 EJ) de un total de 136 EJ para el año 2050, o sea un 12% de la energía primaria estimada de origen fósil y nuclear.

16. La Shell International Petroleum ha elaborado dos hipótesis. En la hipótesis de crecimiento sostenido se dispone de una abundante oferta de energía a precios competitivos, ya que la productividad sigue mejorando en el marco de un mercado abierto. La energía media mundial per cápita aumenta de cerca de 13 barriles de equivalente en petróleo (bep) (75 gigajoules (GJ)) en la actualidad a 25 bep (143 GJ) en el año 2060 y a 40 bep (229 GJ) en el año 2100. Para el año 2020 las nuevas fuentes renovables de energía, en particular la biomasa, las células fotovoltaicas y la energía eólica, se convierten en factores importantes que representan cerca del 10% (80 EJ) del mercado mundial de energía. Para el año 2050 las fuentes renovables proporcionan entre el 40% y el 50% de las necesidades mundiales de energía. Este modelo prevé también que para el año 2060 se podrán obtener cerca de 200 EJ de energía primaria de 400 millones de hectáreas de plantaciones de biomasa, con una productividad media de 25 toneladas por hectárea. En la hipótesis de desmaterialización de la Shell, las necesidades de la humanidad se satisfacen con tecnologías y sistemas que requieren un insumo mucho menor de energía. El consumo medio mundial per cápita de energía permanece constante, a razón de 13 bep por año (la oferta total de energía asciende a 1.200 EJ, frente a 400 EJ en la actualidad) y alcanza los 17 bep (57 GJ) en el año 2100. En este modelo las tecnologías de conservación de energía se vuelven más económicas, y la biomasa se beneficia de importantes avances tecnológicos.

17. Todas estas hipótesis indican claramente que la biomasa podría ser una fuente importante de energía, especialmente como un combustible moderno, y seguir desempeñando un papel destacado como combustible tradicional, principalmente en los países en desarrollo. La contribución exacta de la

bioenergía en el siglo venidero dependerá de muchos factores implícitos en las diversas hipótesis propuestas en cada estudio.

III. EFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES

A. Efectos ambientales

18. La relación de dependencia entre la humanidad y la biomasa ha afectado al medio ambiente de diversas maneras, que dependen de la escala del uso y de la sostenibilidad ambiental, aunque el alcance de esta influencia se desconoce. Algunos expertos han sugerido que las sociedades preindustriales eran capaces de modificaciones en gran escala del medio ambiente. Independientemente del grado en que las actividades preindustriales hayan afectado el ciclo del carbono, incluso pequeñas poblaciones no industrializadas son capaces de introducir en la naturaleza cambios cuya corrección puede llevar decenios o siglos. En la actualidad el uso de la biomasa puede tener diversos efectos ambientales, pero uno de los principales motivos de preocupación son las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de la biomasa, en general deliberada y también accidental. El uso de energía derivada de la biomasa es neutro desde el punto de vista de las emisiones de CO₂ cuando se produce y utiliza en forma sostenible. En la práctica, ello no siempre es así ya que en muchas zonas rurales de los países en desarrollo la energía derivada de la biomasa se usa a menudo en forma no renovable y muy ineficiente. La biomasa puede contribuir directamente a la emisión de CO₂ de tres maneras distintas:

a) Los usos tradicionales de la energía derivada de la biomasa, que presentan dos problemas principales: eficiencias muy bajas, que llevan a un consumo excesivo de biomasa para producir una pequeña cantidad de energía útil; y un costo en efectivo nulo o casi nulo, que reduce los incentivos para mejorar la eficiencia o para reemplazar los árboles y demás fuentes de biomasa. Ello lleva a que se extraiga mucha más biomasa que la que se vuelve a plantar o se deja volver a crecer;

b) La deforestación tropical, particularmente para usos no relacionados con la energía;

c) La quema de praderas tropicales, que es también una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero. Todos los años se queman vastas superficies: cerca de 750 millones de hectáreas tan sólo en África.

1. El papel de la biomasa en la mitigación de los gases de efecto invernadero (diversas manera de aprovechar los bosques)

19. Es posible tomar diversas medidas para estabilizar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o frenar su crecimiento. Existen tres estrategias que utilizan a los bosques para reducir los niveles atmosféricos de CO₂: preservar los bosques existentes; plantar árboles para crear sumideros que fijen el CO₂; y reemplazar los combustibles fósiles con combustibles derivados de la biomasa. Ninguna de estas opciones es necesariamente económica ni fácil.

20. La preservación de los bosques existentes parece ser la opción más sensata a corto plazo. Los bosques seguirían actuando como depósitos de carbono y se reduciría al mismo tiempo la tasa de deforestación, con lo que se emitiría menos CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, esta opción presenta por lo menos dos problemas: será difícil llevarla a la práctica debido a las presiones socioeconómicas a que están sometidos los bosques, particularmente en los países en desarrollo; y los bosques maduros crecen lentamente y por consiguiente absorben menos CO₂ que los árboles de crecimiento rápido.

21. Se ha propuesto frecuentemente reforestar tierras no agrícolas con árboles de crecimiento rápido para fijar el CO₂. A medida que los árboles van creciendo retiran CO₂ de la atmósfera y disminuyen así su acumulación. Se trata tal vez de la solución propuesta con más frecuencia ya que puede tener también importantes beneficios secundarios, como la conservación del suelo y del agua, productos comerciales, la preservación de la biodiversidad, etc. Sin embargo, esta estrategia se está cuestionando cada vez más ya que su complejidad se está volviendo evidente. Su ejecución sería difícil a menos que hubiera considerables incentivos garantizados a largo plazo para alentar la participación activa de la población local. Las plantaciones forestales pueden acumular grandes volúmenes de biomasa, particularmente en los trópicos, donde se habrían logrado productividades experimentales de hasta 70 toneladas secas de biomasa por hectárea y por año. Las cifras que se citan más frecuentemente para un bosque bien administrado varían entre 15 y 25 toneladas secas de biomasa por hectárea y por año. A escala mundial, la cifra de 10 toneladas por hectárea y por año puede ser más realista, aunque es probable que en los próximos años la productividad aumente considerablemente gracias a las técnicas modernas de ordenación de plantas y de fitogenética.

22. Se han realizado varios estudios para determinar el potencial de la reforestación para fijar CO₂, pero sus resultados deben considerarse cálculos muy generales, en vista de las dificultades de obtener estimaciones fiables a tan largo plazo y de los numerosos fracasos sufridos con plantaciones de diversos tipos. Las plantaciones forestales han aumentado de cerca de 80 millones de hectáreas a mediados del decenio de 1960 a cerca de 130 millones de hectáreas en 1990, pero esta cifra es reducida en comparación con la deforestación estimada de 14 a 20 millones de hectáreas por año (la tasa de deforestación parece haber disminuido ligeramente en los últimos años). Es posible reducir considerablemente las emisiones mundiales de CO₂ con medidas tales como prácticas óptimas de ordenación de ecosistemas y el uso de bioenergía. La Comisión Investigadora (Bonn) afirma que si se toman en cuenta las limitaciones ecológicas, económicas, organizacionales y socioculturales, el potencial de fijación de carbono mediante la forestación de las tierras disponibles sería aproximadamente de 2.600 millones ± 1.100 millones de toneladas de carbono por año, y se podría lograr una reducción adicional de entre 100 y 1.100 millones de toneladas mediante el uso de la bioenergía (véase el cuadro 1).

Cuadro 1

Efectos actuales y posibles efectos futuros de las actividades humanas en los bosques y en su presupuesto de carbono

| | Superficie talada anualmente como porcentaje de la superficie forestal utilizable total | Plantación forestal actual (millones de hectáreas por año) | Fijación potencial de carbono por forestación (Gigatoneladas de carbono por año) | Reducción adicional de las emisiones de carbono si se usara la madera como fuente de energía |
|-----------------------------------|---|--|---|--|
| Bosques septentrionales | c. 0.5 | - 0.7 ³ | 0.07±0.02 | — |
| Bosques de las zonas templadas | c. 2.5 | + 1.4 ⁴ | 0.54±0.2 | 0.1-0.9 |
| Bosques tropicales | c. 0.5 | - 17.0 | 2.0±0.9 | 0.0-0.2 |
| Total | c. 0.8 | - 16.7 | 2.6±1.1 | 0.1-1.1 |

Fuente: Comisión Investigadora del Parlamento de Alemania, La protección de la ecología de nuestro planeta. Duodécimo informe (Bonn, Economica Verlag, 1995), cuadro 6.13.

Ello tendría un efecto particularmente positivo si las tierras hubieran estado mucho tiempo sin forestar. Si se forestaran todas las tierras potencialmente disponibles (entre 150 y 1.200 millones de hectáreas), el potencial de fijación de carbono sería de 1.000 millones a 7.500 millones de toneladas de carbono por año.

23. Se ha elaborado un modelo sencillo de la fijación de carbono durante el crecimiento de los bosques y del destino de ese carbono cuando los bosques se talan y usan como combustible para reemplazar combustibles fósiles. El modelo considera que la eficacia de los árboles para prevenir la acumulación de CO₂ es la misma si retiran una unidad de carbono de la atmósfera o si proporcionan una fuente sostenible de energía que sustituye a una unidad de carbono emitida como consecuencia del uso de combustibles. Las principales conclusiones son las siguientes: en el caso de los bosques con una gran biomasa en pie y baja productividad, la estrategia más eficaz es proteger el bosque existente; en el caso de tierras con una biomasa en pie reducida y baja productividad, es más conveniente replantar o tomar otras medidas para promover el crecimiento forestal y el almacenamiento de carbono; y cuando cabe esperar una productividad elevada, puede ser más conveniente explotar el bosque y utilizar la producción de la manera más eficiente posible, ya sea para elaborar productos de larga vida, ya sea para sustituir combustibles fósiles.

2. Fijación de carbono y sustitución de combustibles fósiles

24. La sustitución directa de combustibles fósiles con biomasa parece ser una estrategia más eficaz para compensar las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de combustibles fósiles, ya que ofrece mayores beneficios. Si se cultiva biomasa para obtener energía y si el volumen cultivado en un período determinado es igual al volumen consumido en el mismo período, no se produciría una acumulación neta de CO₂ ya que la cantidad emitida por la combustión sería compensada por la cantidad absorbida por la biomasa durante la fotosíntesis. Por ejemplo, si las eficiencias de conversión fueran iguales, cada GJ de biomasa que sustituyera a combustibles fósiles reduciría las emisiones en una cantidad igual al contenido de carbono de un GJ de combustible fósil desplazado, que en el caso de gas natural, petróleo y carbón asciende respectivamente a 0,014 toneladas, 0,019 a 0,020 toneladas, y 0,023 a 0,025 toneladas. Las posibilidades de sustituir recursos no renovables con biomasa para obtener energía están cobrando cierta difusión. En los Estados Unidos, Suecia y Dinamarca se proporcionan incentivos fiscales a la generación de calor y electricidad de la biomasa. En la India se forestaron cerca de 17 millones de hectáreas entre 1980 y 1992, principalmente para satisfacer las necesidades de leña de las comunidades locales, y en 1993 la producción anual de biomasa leñosa se calculó en 58 millones de toneladas. Si se tiene en cuenta que la demanda anual de leña en la India es cerca de 227 millones de toneladas, que en su mayor parte se satisface en forma insostenible, la contribución de las plantaciones es bastante importante. En China también se han forestado cerca de 6 millones de hectáreas para satisfacer las necesidades de leña; la producción de biomasa de estas plantaciones es aún pequeña en comparación con el uso anual de carbón.

3. Costos estimados de reducir las emisiones de CO₂

25. Las estimaciones de los costos de reducir las emisiones de CO₂ varían considerablemente, a menudo en un factor de dos a tres veces, debido a las numerosas variables que afectan esos costos, que van de la productividad hasta cuestiones socioeconómicas y políticas. El costo de compensar las emisiones de CO₂ con la fijación de carbono en árboles está relacionado directamente con los costos del cultivo de la biomasa. Los costos de las plantaciones forestales pueden variar considerablemente ya que en general dependen del lugar y de numerosas consideraciones de orden biológico, topográfico, de transporte, etc. Las estimaciones de los costos de forestación son aún discutibles y están mal documentadas: a menudo se citan 400 dólares por hectárea. Sin embargo, esta cifra puede ser de cuatro a cinco veces mayor si se suman los costos de conservación y protección a lo largo de la vida del bosque. En 1993 los costos de forestación eran de 2.000 a 2.500 dólares por hectárea en Francia y el Reino Unido y cerca de 12.500 dólares por hectárea en Alemania.

4. Problemas ambientales y ecológicos de las plantaciones forestales

26. Las consecuencias ambientales a corto y largo plazo del uso en gran escala de plantaciones energéticas son motivo de preocupación. Sin embargo, estudios realizados recientemente indican que los efectos ambientales desfavorables dependen principalmente de las prácticas de gestión. Para que la bioenergía

pueda hacer una contribución de semejantes dimensiones, su producción, conversión y utilización deben ser sostenibles y ambientalmente aceptables y deben ser aceptadas por el público. Si las plantaciones reemplazaran bosques naturales, se producirían consecuencias ambientales destructivas y se afectarían desfavorablemente las existencias de carbono. Semejante situación debe evitarse. Por el contrario, el establecimiento de proyectos forestales en tierras empobrecidas o tierras de cultivo abandonadas podría tener numerosos efectos ambientales positivos. La forestación o reforestación de esas tierras puede mejorar la estructura del suelo, aumentar su contenido de humus y nutrientes, reducir la escorrentía, aumentar la cantidad de agua almacenada en el suelo, aumentar la precipitación pluvial local y modificar las temperaturas locales, aumentar la biodiversidad y preservar los hábitat de la vida silvestre, reducir la presión sobre los bosques naturales, crear paravientos y, por supuesto, almacenar carbono. La experiencia obtenida recientemente en el marco del Programa de reservas de conservación de los Estados Unidos muestra que la tasa de erosión disminuyó en un 92% en 14 millones de hectáreas de tierras de cultivo muy erosionables en los Estados Unidos que se retiraron de la producción anual de cultivos y se plantaron con pastos perennes y árboles. La cuidadosa selección de especies y el correcto diseño y administración de las plantaciones pueden ayudar a controlar las plagas y las enfermedades, y hacer innecesario el uso de plaguicidas químicos excepto en casos especiales. El correcto diseño de las plantaciones comprende zonas reservadas para la flora y la fauna nativas que albergan a predadores naturales para la lucha contra las plagas, y quizás zonas caracterizadas por diferentes clones o especies. Si se desata una plaga en el bloque correspondiente a un clon, una práctica común en plantaciones bien administradas es dejar que el brote siga su curso natural y que los predadores de la zona reservada ayuden a detenerlo. Las plantaciones bien administradas en el Brasil dejan actualmente del 20% al 30% de la zona en su estado natural (por ley). La creación y la conservación de reservas naturales también fomentan la biodiversidad. Sin embargo, la preservación de la biodiversidad a nivel regional exigirá que el uso de la tierra se planifique de manera que los sectores de bosques naturales se conecten entre sí mediante una red de corredores en estado natural (zonas ribereñas de amortiguación, cinturones de protección y setos entre campos cultivados), lo que permitirá a las especies migrar de un hábitat a otro.

27. La fertilidad a largo plazo del suelo también hace necesaria una ordenación adecuada. En el caso de la silvicultura de rotación rápida, es en general conveniente dejar las hojas y las ramas en el suelo ya que los nutrientes tienden a concentrarse en esas partes de la planta. También es necesario devolver al origen los nutrientes minerales recuperados en forma de cenizas en las instalaciones de conversión de energía. Las especies se pueden seleccionar para aprovechar los nutrientes de la manera más eficiente posible. Además, si se selecciona una especie fijadora de nitrógeno o si se intercala el cultivo primario con una especie fijadora de nitrógeno, la plantación podrá autoabastecerse de nitrógeno. Diez años de ensayos en Hawaii han mostrado las posibilidades del cultivo intercalado, ya que cuando el eucalipto se intercaló con la albizia, una especie fijadora de nitrógeno, se lograron rendimientos de 25 toneladas por hectárea y por año sin agregar anualmente fertilizantes nitrogenados. Siempre que fuera posible deberían usarse productos agroquímicos biodegradables y su aplicación debería planearse cuidadosamente para responder a las necesidades de las plantas. Además, un aprovechamiento cuidadoso del agua reducirá los riesgos de su contaminación por escorrentía y optimizará el uso del

agua de lluvia en zonas secas. También es necesario observar buenas prácticas de prevención de incendios.

B. Consideraciones sociales

28. La producción de bioenergía plantea tres consideraciones sociales importantes: el uso y la disponibilidad de tierras, la competencia entre la producción de alimentos y la producción de combustibles, y la generación de empleo.

1. Uso y disponibilidad de tierras

29. Se han realizado muchos estudios sobre la disponibilidad de tierras, que arrojan resultados muy distintos según las fuentes de los datos y las hipótesis adoptadas. En los trópicos hay extensas áreas de tierras empobrecidas y abandonadas que podrían beneficiarse considerablemente de la creación de plantaciones de biomasa ecológicamente sostenibles. Se considera que la disponibilidad de tierras es una limitación a la producción de biomasa en gran escala; sin embargo, hay áreas considerables que estarían disponibles incluso en el marco de los actuales regímenes de producción. En los Estados Unidos se paga a los agricultores para que no cultiven cerca del 10% de sus tierras, y en la Comunidad Europea cerca del 15% de la tierra arable se ha abandonado. En los Estados Unidos se ha dejado de cultivar más de 30 millones de hectáreas para reducir la producción o conservar tierras; otros 43 millones de hectáreas de tierras de cultivo sufren tasas elevadas de erosión y 43 millones de hectáreas más tienen problemas de excesiva humedad, que se podrían paliar con la plantación de diversos cultivos energéticos perennes. En la Comunidad Europea se prevé que para los años 2000 a 2010 se dejará de cultivar por lo menos 15 a 20 millones de hectáreas de tierras agrícolas de buena calidad. Si todas estas tierras se utilizaran para plantar árboles, se contaría en un futuro cercano con un sumidero de 90 a 120 millones de toneladas de carbono por año. Estas tierras también podrían proporcionar entre 3,6 y 4,8 EJ por año de energía derivada de biomasa, lo que reemplazaría de 90 a 120 millones de toneladas de emisiones de carbono procedentes de la combustión de carbón, de 72 a 96 millones de toneladas de carbono procedentes de petróleo, o de 50 a 67 millones de toneladas de carbono procedentes de gas natural. Se ha calculado que si en Europa occidental se usara el 10% de las tierras disponibles (33 millones de hectáreas) y el 25% de los residuos recuperables, la biomasa podría proporcionar entre 9,0 y 13,5 EJ de energía, lo que constituye entre el 17% y el 30% de la demanda de energía prevista para el año 2050.

30. En los países tropicales hay extensas áreas de tierras deforestadas y empobrecidas que se beneficiarían del establecimiento de plantaciones de bioenergía. Un análisis de 117 países tropicales indicó que en 11 países la superficie ocupada por bosques se podría ampliar en 553 millones de hectáreas. Otro estudio llegó a la conclusión de que en los próximos 60 años se podrían establecer plantaciones en un total de 67 millones de hectáreas en 50 países tropicales, más de 200 millones de hectáreas se podrían regenerar y otros 63 millones de hectáreas se podrían usar para agrosilvicultura. Se ha calculado la superficie que teóricamente se necesitaría para satisfacer todas las necesidades actuales de energía a partir de biomasa (una posibilidad muy

remota). Si se supone una productividad de 12 toneladas secas por hectárea y por año y se aprovechan también los residuos recuperables (un 25% de los residuos potencialmente obtenibles), se necesitarían 950 millones de hectáreas para cultivos energéticos que reemplazaran todos los combustibles fósiles en los países industrializados; los países en desarrollo necesitarían 305 millones de hectáreas. Por consiguiente, a nivel mundial, hay tierras suficientes para que la biomasa pueda surtir efectos importantes en los niveles atmosféricos de carbono y en la producción de energía sin afectar la producción de alimentos.

2. Los efectos en la producción de alimentos: el conflicto entre la producción de alimentos y la producción de combustibles

31. El conflicto entre la producción de alimentos y la producción de combustibles es una cuestión antigua, polémica y compleja, cuyo análisis detallado va más allá de los alcances del presente documento. A nivel mundial hay tierras suficientes; además, los cultivos energéticos ofrecen mayores posibilidades de reducir al mínimo el consumo de agua y nutrientes que los cultivos alimentarios. Hay quienes afirman que el pesimismo con respecto a la disminución en la producción de alimentos se basa en varios errores conceptuales y que es necesario tener en cuenta las consideraciones siguientes:

a) A nivel global se han logrado progresos considerables en materia de oferta de alimentos desde el decenio de 1950: de 300 kilogramos de alimentos per cápita en el decenio de 1950 se ha pasado a 350 kilogramos per cápita en el decenio de 1980;

b) La disminución en la producción mundial de cereales se ha debido a los recortes en la producción de granos en los Estados Unidos y la Comunidad Europea y no al crecimiento demográfico;

c) En general, la producción mundial de alimentos se ha mantenido por encima del crecimiento demográfico y las dietas actuales son más variadas; las tierras que han dejado de producir cereales han pasado a producir alimentos de más valor;

d) La producción media per cápita de cereales es un indicador muy inexacto de la disponibilidad mundial de alimentos. Aun si la producción per cápita aumenta, el consumo per cápita disminuirá porque la mayor parte del crecimiento demográfico se producirá en los países más pobres;

e) Los dos países de más población (China y la India) han logrado mantener el crecimiento de la producción de alimentos por encima del crecimiento demográfico. La India es un buen ejemplo de los cambios en las tendencias en materia de producción de alimentos, energía, población y ambiente: en 1995 disponía de un excedente de 30 millones de toneladas de granos, y había logrado detener el avance de la deforestación, aumentado la cubierta forestal y mantenido constante la superficie de tierras cultivadas.

32. La base de datos sobre zonas agroecológicas de la FAO se ha utilizado para calcular la superficie que quedaría disponible en el año 2025 después de satisfacer las necesidades de alimentos. Teóricamente, si estas "tierras restantes" se utilizaran para producir biomasa a razón de 10 toneladas por

hectárea, la biomasa podría proporcionar energía suficiente para los países en desarrollo. En África los factores sociales y culturales, tales como el papel fundamental que desempeñan muchas mujeres en la producción de alimentos, tendrían una importancia vital para tratar de invertir la espiral descendente causada por la interacción entre la sobrepoblación, la baja productividad agrícola y la degradación ambiental. Un amplio estudio de la situación mundial en materia de tierras y alimentos en el siglo próximo llega a una conclusión alentadora, condicionada a la adopción de arreglos institucionales, la práctica de la agricultura sostenible y las presiones a que estén sometidas las tierras: se destaca la vulnerabilidad particular de África y el Oriente Medio.

33. Cabe señalar que la producción de alimentos y la producción de combustibles son necesidades importantes que no deben entrar necesariamente en competencia, en especial cuando con una planificación adecuada se puede asegurar la conservación ecológica y la sostenibilidad de los métodos de producción. De hecho las políticas y los programas de silvicultura tales como la agrosilvicultura y los sistemas integrados de cultivo pueden promover la seguridad alimentaria al proporcionar alimentos (directamente de los árboles y de los animales que viven en ese hábitat), forrajes, energía, e ingresos para la compra de alimentos. Por ejemplo, en el Brasil, donde la superficie utilizada para la producir etanol de caña de azúcar constituye menos de 0,2% del área total cultivada, la rotación de cultivos en las zonas productoras de caña de azúcar ha llevado a un aumento en la producción de ciertos cultivos alimentarios, y algunos subproductos de la industria se utilizan como alimento para el ganado.

3. Creación de empleo

34. Se ha pronosticado que la utilización de la biomasa tendría ventajas importantes por sus diversos efectos multiplicadores que contribuyen a generar mayor actividad económica y a fortalecer las economías locales, especialmente en las zonas rurales. La Asociación Nacional de Dendroenergía de los Estados Unidos ha estimado que para generar los 6.500 MW de energía producidos en ese país a partir de la biomasa ha sido necesario crear en forma directa 66.000 puestos de trabajo y que este número podría aumentar a 284.000 para el año 2010. La Oficina de Energía del estado de Wisconsin determinó recientemente que la utilización de fuentes de energía renovables generaba aproximadamente tres veces más puestos de trabajo, ingresos y ventas que el mismo nivel de utilización de combustibles fósiles importados y las inversiones correspondientes. La Oficina estimó que un aumento del 75% en la utilización de fuentes de energía renovables en el estado generaría 62.000 nuevos puestos de trabajo, 1.200 millones de dólares en nuevos salarios y 4.600 millones de dólares en nuevas ventas. Otro estudio realizado hace poco en el estado de Vermont demostró que la generación de dendroenergía generaba cerca de 53.000 puestos de trabajo y 2.900 millones de dólares de ingresos en el noreste de los Estados Unidos. Mediante la utilización de la dendroenergía se evita anualmente el consumo de 1.000 millones de galones de petróleo, el 65% de los cuales se importarían de fuera de la región. Como resultado de las actividades vinculadas con la dendroenergía, se recaudan anualmente unos 46 millones de dólares en impuestos estatales y locales y 355 millones de dólares en impuestos federales.

35. Según la Declaración de Madrid (1994), en la Comunidad Europea en su conjunto la sustitución del 15% de la demanda de energía primaria convencional por fuentes de energía renovable para el año 2010 podría generar entre 300.000 y 400.000 nuevos puestos de trabajo, aumentar la cifra de los negocios de las actividades vinculadas a las fuentes de energía renovables a 6.000 millones de ECU y evitar la emisión de 350 millones de toneladas de CO₂. Se ha estimado que si la Comunidad Europea desarrollara un sector bioenergético en gran escala, en los próximos 40 años se podrían crear aproximadamente 7 millones de puestos de trabajo directos e indirectos. Un estudio preliminar realizado en el Reino Unido también ha demostrado que hay posibilidades de crear puestos de trabajo, especialmente en las regiones en que las tasas de desempleo son elevadas. Para el año 2005 se podrían generar 48.700 puestos de trabajo en actividades vinculadas con las fuentes de energía renovables, lo que significaría un incremento neto de 11.600 puestos de trabajo en la economía. Otro ejemplo bien conocido es el Brasil, donde la industria del etanol contribuye 700.000 puestos de trabajo mientras que el sector del carbón vegetal contribuye unos 200.000 puestos directos. La fabricación de carbón vegetal ocupa a una cantidad importante de personas en las zonas rurales y es una actividad muy importante en África. El mercado del carbón vegetal en 26 países de África al sur del Sáhara supera los 1.800 millones de dólares por año. En Kenya y el Camerún la actividad proporciona empleo a 30.000 personas y en Côte d'Ivoire a unas 90.000.

IV. TENDENCIAS EN MATERIA DE TECNOLOGÍA Y BIOENERGÍA MODERNA

A. Tendencias en materia de tecnología

36. Algunas tecnologías de biomasa nuevas y mejoradas podrían aplicarse en forma inmediata, como los sistemas de generación de energía integrados de turbinas de gas con gasificadores de biomasa; técnicas mejoradas de recolección, transporte y almacenamiento de biomasa; gasificación de residuos de cultivos como la cáscara de arroz; fabricación de briquetas; tratamiento de materiales celulósicos con vapor a alta presión seguido de una hidrólisis biológica o química para producir etanol u otros combustibles; tecnologías de cogeneración; tecnologías de producción de combustibles crudos derivados de biomasa; tecnologías que utilizan una combinación de combustibles fósiles y biomasa; tecnología de pilas de combustible, producción de hidrógeno y metanol a partir de la biomasa; y perfeccionamiento de pequeños motores Sterling capaces de utilizar combustibles de biomasa eficazmente. A continuación se resumen las tendencias registradas en los últimos años.

1. Combustión directa y gasificación de biomasa para generar energía térmica, vapor y electricidad

37. Se ha dedicado mucho esfuerzo a la investigación, el desarrollo y la demostración de los procesos de gasificación ya que se considera que se trata de uno de los campos más prometedores. Se ha logrado avanzar en el diseño y el perfeccionamiento de hornos y calderas para la combustión de distintos tipos de biomasa, como por ejemplo los de tipo parrilla extendedora alimentados con madera y corteza, hornos suspendidos y sistemas de combustión de lecho fluido. Lamentablemente no se ha prestado suficiente atención a las necesidades de las

industrias rurales de los países en desarrollo, como hornos eficaces, de fácil manejo y bajo costo, que promuevan los emprendimientos comerciales. En el sector de la energía para usos domésticos, la instalación de millones de cocinas mejoradas (unos 129 millones en China de 1982 a 1992, 780.000 en Kenya y 200.000 en Burkina Faso y el Níger, por ejemplo) constituyó un hecho notable que posibilitó, en promedio, un ahorro de energía del 20%, que en algunos casos llegó al 60%.

38. Las actuales centrales eléctricas de combustión de biomasa tienen una eficiencia que oscila entre el 15% y el 20%, siendo el costo de generación de 0,05 a 0,08 dólares/kWh. En cambio, las centrales de generación de electricidad más modernas podrían alcanzar una eficiencia del 35% al 40% a un costo de 0,045 a 0,055 dólares/kWh. Entre los conceptos más importantes que se están explorando para la generación de electricidad a partir de la biomasa cabe mencionar la combustión directa de biomasa, la combustión combinada de biomasa con carbón, la gasificación y la pirólisis de biomasa para producir un combustible crudo, líquido o gaseoso.

39. Las turbinas a gas simples de ciclo abierto descargan los gases de la combustión directamente a la atmósfera y resultan muy ineficientes (con una eficiencia global cercana al 33%) ya que la energía térmica podría utilizarse para generar vapor con un dispositivo que aprovecha el calor residual. El vapor así producido puede utilizarse para calefacción en un sistema de cogeneración, inyectarse nuevamente en la turbina a gas aumentando la producción de electricidad y en consecuencia la eficiencia de generación (ciclo de turbina a gas, con inyección de vapor, con una eficiencia del 40%) o para producir más electricidad mediante una turbina a vapor (ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas, con una eficiencia posible del 48%). En consecuencia, las turbinas más avanzadas pueden tener eficiencias mayores que las de una turbina de vapor convencional, y además las posibilidades de perfeccionamiento tecnológico son muy amplias y los gastos de inversión son menores.

40. Buena parte del trabajo que se realiza en los sistemas combinados de gasificación de carbón y turbinas a gas están vinculados directamente con los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas y los ciclos combinados de turbina a vapor y turbina a gas. La tecnología de los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas utiliza técnicas de gasificación a presión normal o bajo presión. Los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas bajo presión son más eficientes pero por debajo de cierta capacidad es probable que exijan mayores gastos de inversión. Es más fácil gasificar la biomasa que el carbón porque es más reactiva y el contenido de azufre es muy bajo. Asimismo, la utilización de la tecnología de los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas para la cogeneración y la generación autónoma ofrece la posibilidad, en muchos casos, de producir electricidad a menor costo que la mayoría de las alternativas, inclusive las grandes centrales eléctricas de carbón y vapor, con sistemas de eliminación de azufre de los gases de combustión, las centrales nucleares y las centrales hidroeléctricas. Para mediados del decenio de 1990 se lograrán eficiencias del 40% y para el año 2025 la aplicación de tecnologías de gasificación que se están desarrollando para el carbón permitirían alcanzar eficiencias del 57%. La industria azucarera, que produce etanol para combustible, y la industria papelera y maderera son actividades en que la aplicación de las tecnologías de sistemas integrados de gasificación de biomasa

y turbinas a gas tienen buenas probabilidades de éxito en el corto plazo. Para el año 2000 estarán disponibles en el mercado sistemas integrados de gasificación de biomasa y de ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas. En Vaernamo (Suecia) se está construyendo un sistema de gasificación de biomasa con ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas que tendrá una capacidad de generación de 6 MW de electricidad y de cogeneración de 9 MW de energía térmica residual para sistemas de calefacción de distritos urbanos. En 1997 o poco después en el nordeste de Brasil se inaugurará una planta experimental con un sistema de gasificación de biomasa y ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas y una capacidad de generación de 30 MW de electricidad, cuyo costo total será de 75 millones de dólares, de los cuales 30 millones de dólares son un subsidio del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). La capacidad de generación potencial de las plantaciones previstas en el nordeste del Brasil, utilizando sistemas de gasificación de biomasa y ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas, se estima en 200 GW. La Comunidad Europea tiene planes para ejecutar proyectos comerciales de gasificación de biomasa entre los que figuran plantas generadoras de ciclo combinado con gasificador integrado de 8 a 15 MW de electricidad para fines del decenio de 1990, 20 a 30 MW para el año 2000 y 50 a 80 MW para el año 2005. Las plantas deberán utilizar combustible obtenido a partir de biomasa y ser capaces de usar cultivos energéticos de rendimiento elevado, poseer sistemas avanzados de conversión de energía y ser favorables al medio ambiente. A la fecha están recibiendo apoyo financiero de la Comunidad Europea tres proyectos de gasificación experimentales, a saber: una planta de 11,9 MW de electricidad en Italia, una de 8 MW en el Reino Unido y un sistema de cogeneración para calefacción de distritos urbanos de 7 MW en Dinamarca. También se proyecta construir una planta de 15 a 30 MW de electricidad en Haarlem (Países Bajos). Además, se están ejecutando dos proyectos en los Estados Unidos con el apoyo financiero del Departamento de Energía. Uno de ellos, en Hawaii, es una planta de gasificación de bagazo en lecho fluido mediante burbujeo de aire bajo presión para la producción de 3 a 5 MW de electricidad con turbinas a gas; el otro, en Burlington (Vermont), es una planta de generación de 45 MW de electricidad con un consumo de 200 toneladas diarias de biomasa.

2. Producción de combustible líquido

41. La materia prima principal es el etanol producido a partir de cultivos como la caña de azúcar y el maíz. La producción de etanol ha registrado progresos en los procesos de fermentación continua (procesos Melle-Boinot y Biostil); en la sacarificación y fermentación simultáneas; en la fermentación anaeróbica; en la utilización de bacterias; en la recuperación del calor residual del proceso de destilación; y en la mejor utilización de los subproductos como el bagazo que se utiliza como forraje y para la cogeneración de electricidad. El Brasil y Mauricio son dos países en que se utiliza el bagazo para la cogeneración de electricidad. Desde hace varios siglos en el Brasil se ha estado utilizando el bagazo para producir vapor in situ, pero con un nivel de eficiencia muy bajo. Debido a la gran disponibilidad de bagazo, los incentivos para aumentar la eficiencia en la generación de energía eran pocos ya que el problema principal era eliminar el bagazo. En los últimos años las destilerías de los ingenios azucareros han logrado el autoabastecimiento de energía y algunas están vendiendo electricidad a la red de distribución. Con el desarrollo de la turbina a gas, con inyección de vapor la generación de electricidad en el

ingenio azucarero o en la destilería de alcohol del futuro puede convertirse en una de sus actividades principales.

3. Producción de carbón vegetal

42. Se han logrado progresos importantes en algunas esferas de la tecnología del carbón vegetal, como son el perfeccionamiento de las técnicas de carbonización; el perfeccionamiento de los hornos y el aumento de su eficiencia; un uso más adecuado de los subproductos; el perfeccionamiento de los altos hornos; el desarrollo de plantas de acero integradas que utilizan carbón vegetal, y otras mejoras. Otro avance importante ha sido el desarrollo de sistemas sostenibles de explotación de bosques naturales y de plantaciones de biomasa y una concienciación de las consecuencias ecológicas de tales sistemas de producción. Por ejemplo, en 1993 aproximadamente el 43% del carbón vegetal producido en el Brasil, que se utiliza principalmente en las industrias del arrabio, el acero el cemento y en la industria metalúrgica, provenía de plantaciones, mientras que en 1978 esta proporción ascendía a sólo el 12%. Sin embargo, el carbón vegetal se está reemplazando progresivamente con coque importado, hecho que tiene repercusiones negativas para el medio ambiente global. Asimismo, la utilización de los subproductos del carbón vegetal es limitada.

4. Conversión termoquímica de la biomasa

43. Entre los avances registrados en esta esfera cabe mencionar: la pirólisis a temperaturas normales, la pirólisis acelerada, la licuefacción catalítica directa con una transferencia más eficaz del calor a la fase líquida, y la reducción de los tiempos de reacción.

5. Digestión anaeróbica de residuos de biomasa, desechos y estiércol

44. El creciente interés comercial registrado en esta esfera tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo se debe en parte a consideraciones ambientales y a consideraciones relacionadas con el suministro de energía. Este proceso se ha visto favorecido por los incentivos financieros, los avances en el uso eficiente de la energía y la difusión de la tecnología; la capacitación del personal, especialmente en China y la India, también ha mejorado. En los últimos años esta tecnología se ha estudiado exhaustivamente en Dinamarca, que se ha colocado a la vanguardia en la experimentación con las grandes plantas comerciales de biogás para el tratamiento de estiércol y la generación de energía térmica y electricidad. La transición de las concepciones basadas en el uso eficiente de la energía a las concepciones basadas en tecnologías ecológicamente más racionales, que permiten integrar la eliminación de desechos con la producción de energía y de fertilizantes, marca un cambio trascendente en la tecnología de producción de biogás. En muchos casos esta tecnología está alcanzando la madurez técnica y económica.

6. Elaboración de políticas vinculadas con la tecnología

45. Entre las cuestiones no técnicas que han adquirido importancia en los últimos tiempos cabe mencionar: a los factores ambientales y ecológicos (fijación del carbono, reforestación y reposición de la cubierta vegetal); la biomasa como sustituto de los combustibles fósiles, que genera cantidades equivalentes de CO₂ pero tiene bajo contenido de azufre; un mayor reconocimiento, a nivel de políticas y de planificación, de la importancia de energía de la biomasa, especialmente de los portadores de energía de biomasa modernos; un mayor reconocimiento de las dificultades para reunir datos precisos y confiables sobre la energía de la biomasa y los esfuerzos encaminados a mejorar el suministro de datos para la planificación en materia de energía; los estudios sobre los efectos perjudiciales para la salud de la energía de la biomasa, especialmente de los usos tradicionales de energía; y una mayor conciencia de la necesidad de incorporar al cálculo de costos los costos externos de los portadores de energía convencionales a fin de realizar comparaciones más precisas con las fuentes de energía alternativas.

B. Usos actuales

1. Países en desarrollo

46. En la India, uno de los temas a los que se ha prestado especial atención ha sido la gasificación, debido a las posibilidades que brinda para la comercialización en gran escala dirigida a satisfacer diversas necesidades de energía, como la electrificación de las aldeas y el bombeo para la irrigación así como la generación de electricidad industrial cautiva y la alimentación a la red de distribución de electricidad producida con cultivos energéticos. Según estimaciones recientes, la generación potencial de electricidad a partir de la gasificación de la biomasa en la India es de 17.000 MW y la generación potencial a partir de residuos de la caña de azúcar asciende a 3.500 MW.

47. En Mauricio predomina la producción de azúcar, que ocupa aproximadamente el 88% de la superficie cultivable. Aproximadamente el 10% de las necesidades totales de energía del país se cubren con la generación de electricidad y vapor a partir del bagazo de la industria azucarera. Se estima que el potencial teórico es de 2.500 a 3.500 GWh, suponiendo que las eficiencias de conversión de biomasa a electricidad sean del 30% y el 40%, respectivamente.

2. Países industrializados

48. En Austria aproximadamente el 13% (147 picajoules (PJ)) de la energía primaria se obtiene de la madera, lo que significa un aumento de seis veces en 15 años. Un estudio exhaustivo de la producción de bioenergía demuestra que ésta podría duplicarse para el año 2015 alcanzando la cifra de 280 PJ. La inversión total sería de 600 millones de ECU y podrían crearse entre 10.000 y 15.000 nuevos puestos de trabajo permanentes.

49. La bioenergía contribuyó un 7% (19 PJ) de la producción de energía de Dinamarca en 1994. La producción potencial se estima en 127 PJ, o sea el 16% del consumo bruto de energía de Dinamarca, o 140 PJ si también se utilizaran

unas 230.000 ha de tierras abandonadas. En junio de 1993 el Parlamento decidió ampliar el uso de la biomasa para generar electricidad a 1,2 Mt de paja y 200.000 t de madera antes del año 2000, lo que producirá un aumento adicional de 20 PJ en el componente de biomasa.

50. Finlandia es un país que está a la vanguardia del uso de tecnologías modernas de bioenergía. El consumo de energía primaria del país en 1993 fue de 1.260 PJ; más del 19% (aproximadamente 240 PJ) provenía de biomasa (14% de madera y 5% de turba). El Gobierno se ha propuesto aumentar esta cifra en un 25% para el año 2005.

51. Suecia obtiene aproximadamente el 17% de la energía (256 PJ) de los biocombustibles. El uso de dichos combustibles puede asignarse a cuatro sectores diferenciados: los productos forestales (157 PJ); la producción hogareña (40 PJ); la calefacción de distritos urbanos (49 PJ), un sector que está creciendo aceleradamente; y la generación de electricidad con sistemas de producción combinada de energía térmica y electricidad a partir de diversos combustibles derivados de la madera (9 PJ). Es mucho mayor la capacidad potencial de generación de energía a partir de combustibles de biomasa de producción local, especialmente de residuos agrícolas y de productos agrícolas para fines energéticos cultivados en tierras marginales o de otra índole. En el marco de los programas de bioenergía se han establecido cultivos de sauce de rotación rápida en 14.000 ha. Suecia también importó una pequeña cantidad de combustibles de biomasa, lo que demuestra las posibilidades de desarrollo del comercio internacional de biocombustibles. Un estudio reciente realizado en una planta de biomasa de calefacción de distritos urbanos situada en Vaxjo concluyó que una combinación de factores monetarios y sociales había hecho que la primera planta de biomasa de Suecia resultara comercialmente viable.

52. A principios del decenio de 1990 las fuentes de energía renovables contribuían apenas un 1% de las necesidades de energía primaria del Reino Unido (la tercera parte correspondía a la biomasa y el resto a la generación hidroeléctrica). Sin embargo, según las estimaciones, su contribución potencial a la generación de electricidad para el año 2005 oscila entre el 5% y el 25% y para el 2025 entre el 5% y el 63%. El uso de las fuentes de energía renovables se vio favorecido por la Ley sobre los Combustibles No Fósiles, que faculta al Gobierno a ordenar a los servicios eléctricos que adquieran cantidades fijas mínimas de combustibles no fósiles para la generación de electricidad. La meta es alcanzar en el año 2000 la generación de 1.500 MW de electricidad de fuentes renovables. Hasta ahora se han adjudicado 900 MW. Estos resultados se han logrado con subsidios estatales bastante limitados en relación con los otorgados para energía nuclear o el carbón, gracias a la aplicación de un proceso de licitaciones. Recientemente, en el marco de la Ley sobre Combustibles No Fósiles, se han incluido proyectos de generación combinada de energía térmica y electricidad a partir de biomasa.

53. Los Estados Unidos obtienen en la actualidad el 4% de su energía a partir de la biomasa y la capacidad instalada de generación de electricidad a partir de biomasa alcanzó recientemente un valor máximo de unos 9.000 MW. Varios factores (la caída de los precios del petróleo, una mayor competencia en el sector de las plantas de generación, el cierre de varias plantas más antiguas y menos eficientes y una disminución de la demanda) han contribuido a que la capacidad mencionada disminuyera a una cifra que sigue siendo superior a los 7.000 MW. El

Departamento de Energía de los Estados Unidos, asociado al sector privado, está redoblando los esfuerzos por duplicar la eficiencia de la conversión de la biomasa y reducir los costos de generación a partir de este insumo. Se estima que para el año 2010 podría instalarse una capacidad de generación de más de 13.000 MW a partir de la biomasa, que generaría unos 170.000 puestos de trabajo. Otras proyecciones indican que para el año 2010 se podría lograr una capacidad de generación de electricidad de 22.000 a 50.000 MW a partir de la biomasa, con la creación de 283.000 puestos de trabajo.

3. Fabricación de briquetas

54. En varios países se está volviendo a fabricar briquetas debido a varios factores entre los que cabe mencionar la gran disponibilidad de residuos, la conveniencia, los avances alcanzados en la tecnología de densificación, los costos reducidos y las posibilidades comerciales. En el estado de Sao Paulo (Brasil) se consumen mensualmente unas 30.000 toneladas, de las cuales 20.000 corresponden al sector comercial, como las panaderías y pizzerías, y 10.000 al sector industrial. Las briquetas se fabrican con aserrín y otros residuos procesados. Según se afirma, las razones más importantes para utilizar las briquetas son su conveniencia, homogeneidad, el elevado contenido de energía y el precio. La India también tiene grandes posibilidades en este campo: produce 260 millones de toneladas anuales de residuos agrícolas, de los cuales se desperdician 100 millones, que se podrían utilizar para fabricar briquetas.

4. Combustibles líquidos

55. El interés mundial en los biocombustibles para el transporte ha aumentado considerablemente en el último decenio, pese a que los precios del petróleo se mantuvieron bajos. Asimismo, existen estudios detallados sobre costos y factores ambientales. Un comité de la Comunidad Europea propuso que para el año 2010 hasta un 5% del mercado de los combustibles líquidos se abasteciera con bioetanol y biodiesel para lo que se necesitarían 7 millones de hectáreas de tierras agrícolas (el 5,5% de las tierras dedicadas a la agricultura en la Comunidad Europea) para producir 7 millones de toneladas de equivalente en petróleo (Mtep). Los mayores productores de biocombustibles en el mundo son el Brasil y los Estados Unidos, seguidos por la Comunidad Europea. En comparación, los demás países pueden considerarse productores pequeños.

56. El biodiesel comprende ésteres metílicos y etílicos de aceites comestibles. En Europa y el Canadá la fuente principal es el éster metílico del aceite de colza producido a partir de semilla de colza, mientras que en los Estados Unidos se utiliza el aceite de soja. Las ventajas del biodiesel en materia de emisiones de CO₂ dependen de los insumos utilizados y del uso de subproductos, y en consecuencia son variables. Otras de sus ventajas en relación con el medio ambiente es que el contenido de azufre es despreciable, la emisión de partículas es muy baja y la biodegradación del producto ocurre en pocos días (por lo que es particularmente apto para utilizarlo en vías navegables interiores u otros ambientes vulnerables). Además, el biodiesel derivado de la semilla de colza tiene mejores propiedades lubricantes. El biodiesel también se produce en varios países en desarrollo como el Brasil, Malí y Tailandia. En Malí se está llevando a cabo un estudio sobre las posibilidades de producir aceites vegetales

a partir del Jatropha curcas como sustituto del diesel, y otras aplicaciones, están arrojando resultados alentadores.

57. El bioetanol se produce a partir de cultivos con un contenido elevado de azúcar o de almidón. El proceso de combustión de los alcoholes es muy ventajoso pues produce pocos residuos y su índice de octano es muy alto. Además presenta numerosas ventajas para el medio ambiente, especialmente en lo que se refiere a las emisiones de plomo, CO₂, anhídrido sulfuroso (SO₂), partículas, hidrocarburos y monóxido de carbono (CO). El Brasil y los Estados Unidos han estado a la vanguardia de los programas de producción en gran escala de etanol como combustible, y Kenya, Malawi y Zimbabwe lo han hecho en una escala más reducida. Algunos países han modernizado sus industrias azucareras y pueden producir azúcar, alcohol y electricidad a bajo costo. En la Comunidad Europea se han efectuado ensayos con bioetanol en Alemania, Italia y Suecia, y en Francia ya se está agregando a la gasolina pequeñas cantidades de este combustible. De las materias primas más prometedoras para este fin cabe mencionar los cereales, la remolacha azucarera, el sorgo dulce, la patata y la uva.

58. El Brasil es un consumidor importante de biomasa, especialmente para las aplicaciones industriales más modernas. Desde que se inició el programa ProAlcool en 1975, se han producido 180.000 millones de litros de bioetanol, que en la actualidad sustituyen 200.000 barriles diarios de petróleo importado. En su punto máximo (fines del decenio de 1980) casi 5 millones de automóviles utilizaban bioetanol puro como combustible y otros 9 millones utilizaban una mezcla de 20% a 22% de alcohol y gasolina. A fines del decenio de 1980 la gran demanda de etanol, el aumento de los precios del azúcar y una política estatal incierta provocaron una escasez de etanol y como consecuencia de ello la proporción de automóviles nuevos que consumían etanol puro cayó al 51% en 1989 y a menos del 20% en 1994. Desde 1976 se han reemplazado con etanol unos 119.000 millones de litros de gasolina por un valor total de 27.000 millones de dólares (calculados al valor del dólar de 1994), mientras que la inversión total en el Programa ProAlcool fue de 11.300 millones de dólares. El Gobierno creó varios mecanismos de apoyo: aseguró la existencia de un mercado, garantizó el precio, estableció incentivos financieros a los productores de etanol y a los propietarios de los automóviles, y realizó inversiones en investigación y desarrollo. Se han creado unos 700.000 puestos de trabajo directos y posiblemente 3 a 4 veces ese número de puestos de trabajo indirectos. Sin embargo, ProAlcool enfrenta algunas dificultades económicas, principalmente a causa de cambios ocurridos en los mercados del petróleo y de la caña de azúcar, que deberá superar. El futuro de la industria puede no ser tan seguro si no cuenta con una oferta y una demanda estables de alcohol.

59. Los Estados Unidos son el segundo país productor de etanol en el mundo. En 1994 la producción fue de aproximadamente 5.300 millones de litros (1.400 millones de galones de los Estados Unidos) y se están construyendo instalaciones para producir 908 millones de litros (240 millones de galones de los Estados Unidos) adicionales. Se prevé una expansión aún mayor pues se espera que el etanol ingrese al mercado de los éteres como etil-ter-butyl éter y como combustible "limpio". En la actualidad el etanol se produce en 21 estados, representa el 10% de las ventas de combustible del país y lo utilizan más de 100 millones de automovilistas. El alcohol se produce a partir de granos, suero de queso, y residuos de cítricos y de productos forestales, pero la fuente principal es el maíz. Las disposiciones de la Ley de protección de la calidad

del aire de 1990 y de la Ley sobre políticas en materia de energía de 1992 han creado nuevas oportunidades para el mercado del etanol, el metanol y el gas natural, al introducir gradualmente la obligación de que los vehículos pertenecientes a las empresas de transporte utilicen combustibles menos contaminantes. La empresa General Electric estima que para el año 2005 unos 5 millones de vehículos utilizarán combustibles que no sean derivados del petróleo.

60. Desde 1983 Zimbabwe ha podido producir unos 40 millones de litros de etanol por año, salvo durante la grave sequía ocurrida en el período 1991-1992. La planta de etanol de Triangle ha funcionado eficientemente durante casi 15 años, financiada principalmente con capital local y, siempre que fuera posible, utilizando tecnología local en lugar de equipo técnicamente muy avanzado traído del exterior. Las inversiones de capital ascendieron a sólo 6,4 millones de dólares (a valores de 1980), o sea que se trata de la planta de etanol que requirió la menor inversión de capital por litro de etanol de todo el mundo. La planta de Triangle es un buen ejemplo del empleo adecuado de una tecnología relativamente simple, de aprovechamiento de la infraestructura local y de compromiso político.

61. Hasta hace poco, no se consideraba que el metanol obtenido a partir de la biomasa fuese una alternativa con buenas perspectivas de éxito debido al costo elevado de la biomasa utilizada como materia prima y a las economías de escala. Sin embargo esta opinión está cambiando en vista de los grandes adelantos técnicos de los últimos años. El metanol producido a partir de la biomasa puede contribuir considerablemente a satisfacer las necesidades de energía para el transporte por carretera si se usa en vehículos equipados con pilas de combustible. Tales sistemas prometen resultados rentables de aquí al año 2010 y la posibilidad de lograr niveles muy bajos de contaminantes locales del aire y bajas emisiones netas de CO₂ si la biomasa se cultiva en forma sostenible.

5. Biogás

62. El biogás se produce por fermentación anaeróbica de materiales orgánicos. Los sistemas de producción son relativamente simples y pueden funcionar casi en cualquier lado en pequeña o en gran escala. El gas producido es tan versátil como el gas natural. La digestión anaeróbica puede contribuir considerablemente a la eliminación de desechos domésticos, industriales y agrícolas. Se ha prestado considerable atención a la rentabilidad de la producción de biogás, en especial en los países industrializados en que la producción de energía se combina con el tratamiento de los desechos, la reducción de la contaminación del aire y el cumplimiento de la legislación ambiental.

63. En China, los hogares de unos 5,25 millones de campesinos contaban a fines de 1993, con digestores de biogás que producían aproximadamente 1.200 millones de m³ por año. Además, China tiene más de 600 plantas de biogás medianas y grandes que utilizan desechos orgánicos de animales, granjas avícolas, establecimientos vitivinícolas y otras fuentes, con una capacidad combinada de 220.000 m³. Dichas plantas procesan unos 20 millones de toneladas de desechos orgánicos por año y abastecen a 84.000 hogares. China también ha construido 24.000 digestores de biogás para purificar desechos en las zonas urbanas, con una capacidad de cerca de 1 millón de m³ y que procesan las aguas servidas

generadas por 2 millones de personas. El biogás también se usa en China para generar electricidad. Hay aproximadamente 190 unidades de generación que utilizan biogás con una capacidad de generación instalada de casi 3.500 kW y una generación anual de electricidad de 3 GWh.

64. En la India en 1980 ya estaban funcionando 80.000 plantas familiares de biogás y para 1993 la cifra había llegado a 1,85 millones, de las cuales las dos terceras partes estaban funcionando. El número de plantas de biogás comunitarias era de 875. El mercado potencial de plantas familiares se ha estimado en cerca de 12 millones de unidades. Los objetivos principales del Programa nacional de desarrollo del biogás son producir energía para cocinar con métodos poco contaminantes, producir estiércol enriquecido para complementar los fertilizantes químicos, mejorar la calidad de vida de la mujer rural y mejorar el saneamiento y la higiene.

65. En Dinamarca desde mediados del decenio de 1980 se han construido 10 plantas de biogás centralizadas y 10 plantas unitarias que funcionan en otras tantas granjas con una producción anual de 14 millones de m³ (0,5 PJ). El concepto de plantas centralizadas ha cobrado considerable auge. Estas plantas digieren simultáneamente estiércol y desechos vegetales produciendo biogás y fertilizantes. Sus capacidades oscilan entre las 50 y las 500 toneladas de materia prima por día y producen entre 1.000 y 1.500 m³ de biogás en el mismo lapso de tiempo. La mayor parte del biogás se utiliza para la generación simultánea de energía térmica y electricidad. El costo del biogás (sin contar los impuestos) oscila entre 1,60 y 1,70 DKr/m³ (0,15 a 0,16 dólares). Los precios corresponden a octubre de 1994.

V. RENTABILIDAD Y COSTOS DE LA BIOMASA

66. La mayoría de las tecnologías de utilización de la biomasa no han llegado aún a la fase en que las fuerzas del mercado por sí solas puedan posibilitar su adopción. Uno de los principales obstáculos que enfrenta la comercialización de todas las tecnologías de aprovechamiento de fuentes de energía renovables es que los mercados actuales de energía no tienen en cuenta la mayoría de los costos y los riesgos sociales y ecológicos vinculados con el uso de los combustibles convencionales. Es más, por lo general las fuentes de energía convencionales reciben más subsidios y apoyo; por ejemplo, se ha estimado que los costos externos totales de la energía en los Estados Unidos oscilan entre los 100.000 y los 300.000 millones de dólares por año, y en muchos países en desarrollo los precios de la energía reciben subsidios del 30% al 50%. Entre los otros costos externos de la generación de energía con métodos convencionales que en general no se tienen en cuenta figuran los costos a largo plazo provocados por el agotamiento de recursos finitos y los gastos en que se incurre para asegurar el abastecimiento de fuentes externas.

67. La competencia en los mercados mundiales de energía no es pareja. La infraestructura existente, los regímenes impositivos, la financiación de las actividades de investigación y desarrollo y el poder de los grupos de interés político favorecen más bien a los combustibles fósiles y nucleares a expensas de los combustibles renovables como la biomasa. Así, en la actualidad, es difícil que la biomasa pueda competir con los combustibles fósiles excepto en determinados mercados restringidos o donde existan suficientes incentivos

impositivos. Para mejorar esta situación es preciso prestar especial atención a dos esferas fundamentales: reducir los costos de producción de combustibles de biomasa y de sus materias primas, y reducir las inversiones de capital de las plantas que convierten la biomasa en portadores de energía útiles (como la electricidad o los combustibles líquidos).

68. Los gastos de inversión de las instalaciones generadoras de energía a partir de la biomasa suelen ser elevados debido a su novedad (excepto para el etanol) y su escala relativamente pequeña. Estos factores elevan los precios en relación con las plantas que utilizan combustibles fósiles en que se aprovechan la experiencia y las economías de escala. Lo dicho subraya la necesidad de construir plantas experimentales en que se utilicen las tecnologías más nuevas y prometedoras para luego construir otras similares y mejorarlas progresivamente. Se ha pronosticado que los costos de inversión para las plantas de generación de electricidad con sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas disminuirían de 3.000 dólares/kW a 1.300 dólares/kW luego de 10 repeticiones.

A. Producción de biomasa

69. Como resultado de prolongados esfuerzos de investigación y desarrollo se han obtenido rendimientos importantes en los cultivos de productos agrícolas para la generación de energía de la biomasa, como el maíz, la caña de azúcar y la semilla de colza. Por otra parte, la posibilidad de utilizar árboles y plantas herbáceas como materia prima para producir energía aún sigue siendo objeto de investigaciones que se están comenzando a centrar en especies de alto rendimiento. Los cultivos de álamos híbridos en estaciones experimentales del noroeste de los Estados Unidos y de Panicum coloratum en el sudeste de ese país pueden producir hasta 29,6 y 30,4 toneladas de material secado en horno por hectárea y por año, respectivamente.

70. A título de comparación el precio actual del carbón en los mercados internacionales es de aproximadamente 1,8 dólares/GJ (45 dólares/tonelada). Según los pronósticos del Departamento de Energía de los Estados Unidos, para el año 2010 el precio del carbón suministrado a las plantas generadoras de electricidad disminuirá a 1,3 dólares/GJ. Para que pueda desarrollarse un mercado importante es preciso poder lograr un abastecimiento fiable de biomasa a un precio no mayor de 2 dólares/GJ. Esto corresponde a un precio de aproximadamente 40 dólares por tonelada de material secado en horno. En el Brasil, donde los costos son menores y las condiciones de cultivo mejores, la producción de biomasa en plantaciones resulta más barata. Se ha estimado que de las plantaciones del nordeste del Brasil se podrían abastecer unos 13 EJ/año a un precio de 1,5 dólares/GJ o menor (calculado al valor del dólar de 1988).

71. Otras fuentes de biomasa incluyen los residuos industriales (como los residuos de la pasta de madera y de papel), los residuos forestales y los residuos agrícolas (como la paja). Estas fuentes pueden resultar muy baratas o incluso gratuitas, según la demanda de otros productos y la facilidad de transporte. Por lo general, los costos agrícolas en Europa son superiores a los de los Estados Unidos. Lo mismo ocurre con la producción de energía de la biomasa. En términos generales, los costos actuales oscilan entre los 4 y los 6 dólares/GJ mientras que en los Estados Unidos varían entre los 2,5 y los 4 dólares/GJ.

72. La forma más barata de biomasa son los residuos industriales. En la actualidad los residuos agrícolas como la paja son más baratos que la madera de plantación, pero en el futuro es posible que los precios de los cultivos de tallar de rotación rápida se reduzcan. En Dinamarca, los biocombustibles son competitivos para la calefacción de distritos urbanos pues la carga tributaria para los combustibles fósiles es muy elevada. Los impuestos que se aplican a la energía y a las emisiones de CO₂ elevan los precios del carbón y del gas natural de 3,03 a 8.64 dólares/GJ y de 3,03 a 10,15 dólares/GJ, respectivamente. En un estudio realizado en los Países Bajos se concluyó que en la actualidad sería más barato importar madera de los Estados bálticos o de los países en desarrollo que producirla localmente.

73. Los precios de la madera de plantación en Suecia (2,39 a 3,39 dólares/GJ) y Finlandia (3,1 dólares/GJ) se pueden comparar con los de las plantaciones de los países en desarrollo como el Brasil (1,41 a 1,50 dólares/GJ), la India (1,41 a 1,91 dólares/GJ), Tailandia (1,69 a 1,91 dólares/GJ) y Filipinas (1 dólar/GJ). Pese a que los precios de la madera de plantación en los países en desarrollo son bajos, la madera proveniente de la tala de los bosques naturales es aún más barata. El carbón vegetal es un producto muy valorado en el Brasil donde abastece el 41% de la energía utilizada en la elaboración de acero. El carbón vegetal producido con madera de plantación cuesta entre 3,03 y 3,15 dólares/GJ mientras que el obtenido con madera proveniente de la tala no autorizada cuesta 1,43 dólares/GJ y de la tala autorizada 2,05 dólares/GJ. Es preciso seguir realizando actividades de investigación y desarrollo para mejorar los rendimientos y reducir los costos de la madera de plantación a fin de desalentar la deforestación en las regiones tropicales.

B. Electricidad y energía térmica

74. EL valor de la electricidad como portador de energía es muy superior al de los combustibles sólidos o líquidos. En promedio, el precio al por mayor de la electricidad es de 0,05 dólares/kWh (14 dólares/GJ) mientras que los de los combustibles líquidos oscilan entre 4 y 5 dólares/GJ. Así, para una materia prima relativamente cara como la biomasa, la conversión a electricidad podría resultar interesante. Sin embargo, para la generación de electricidad la biomasa sigue compitiendo directamente con los combustibles fósiles, concretamente el carbón. Los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas podrían beneficiarse por el hecho de que algunos gastos de inversión son inferiores a los de las tecnologías poco contaminantes de uso del carbón pues no es necesario eliminar azufre de los gases de combustión y las temperaturas de gasificación de la madera son inferiores a las del carbón. Varios especialistas consideran que próximamente los costos de generación en los países industrializados serán de aproximadamente 0,05 dólares/kWh (14 dólares/GJ), que es el costo actual de generación en el Brasil.

75. La venta de energía térmica proveniente de instalaciones combinadas de generación de energía térmica y electricidad podría producir ingresos que reducirían el costo neto de producción de electricidad a partir de la biomasa. La venta de energía térmica contribuirá en forma importante a mejorar la competitividad de la biomasa si se tiene en cuenta la ventaja que significan las economías de escala para las plantas que utilizan combustibles fósiles. En un estudio realizado en el Reino Unido se supuso un precio de venta más bajo para

la energía térmica: 0,156 dólares/kWh. En el estudio se llegó a la conclusión de que el costo de la electricidad generada a partir de residuos de madera sería de 0,076 dólares/kWh y de la generada a partir de cultivos de tallar de rotación rápida, de 0,144 dólares/kWh.

76. La biomasa cuesta entre un 30% y un 40% más que los combustibles fósiles, como lo confirma la experiencia operativa adquirida en Austria, donde puede obtenerse corteza húmeda (un subproducto de los aserraderos) a razón de entre 2,8 y 8,3 dólares/GJ, que se utiliza para la calefacción de distritos urbanos. La energía térmica se vende a precios que oscilan entre 0,06 y 0,09 dólares/kWh. En Austria la biomasa utilizada para la calefacción de distritos urbanos cuesta aproximadamente un 30% más que el fueloil. Un problema que se reitera en la promoción de la biomasa como fuente de energía es que los proveedores potenciales se ven desalentados por la falta de mercados y los posibles usuarios por la carencia de una oferta confiable. En Francia se otorgan subsidios para las inversiones de capital en sistemas de calefacción para distritos urbanos, pero sólo en una oportunidad se ha proyectado un número crítico de instalaciones en una localidad. Esta política está dirigida a crear un mercado seguro para los productores de biomasa y los fabricantes de equipos de conversión. La combustión combinada de la biomasa con los combustibles fósiles en centrales eléctricas convencionales también podría asegurar un mercado estable para los productores de biomasa. El interés de la industria generadora de electricidad ha aumentado ya que la combustión combinada podría significar una solución de bajo costo para cumplir con las normas que regulan las emisiones de azufre. La combustión combinada de residuos orgánicos podría ser el sistema de conversión de biomasa en energía más interesante con la tecnología de que se dispone en la actualidad.

C. Combustibles líquidos y gaseosos

77. En el cuadro 2 se comparan tres tipos de producción de biogás en Europa. El primer ejemplo es esencialmente un sistema para tratar la fracción orgánica de los residuos urbanos o los residuos orgánicos de la industria alimenticia. Los ingresos provendrían más bien de los cargos de eliminación de desechos que de la venta de biogás. Sin embargo, teniendo en cuenta que el rendimiento de biogás de este insumo es elevado, en el programa de biogás de Dinamarca se considera que este tipo de residuos constituyen una valiosa materia prima complementaria de los lodos derivados del ganado, pues el aumento de rendimiento mejora la rentabilidad global. La Oficina de Energía de Dinamarca aspira a reducir los gastos de funcionamiento a 3,75 dólares/m³ de materia prima. Los ingresos derivados de la venta de gas (para calefacción de distritos urbanos o para la generación simultánea de energía térmica y electricidad) se estiman en 6,68 dólares/m³ de materia prima. Aún se considera necesario el pago de subsidios equivalentes a aproximadamente el 20% de los gastos de inversión. El tercer ejemplo, que se refiere a la digestión anaeróbica en pequeña escala realizada in situ en las granjas, puede resultar económicamente viable. Sin embargo los pequeños motores destinados a la generación de electricidad en la granja han resultado muy ineficientes, aunque existen motores diesel más eficientes que pueden utilizarse con dos tipos de combustible. Para que los agricultores e inversores de Europa se interesen seriamente en la utilización de biogás para la generación de electricidad es preciso que el precio de la electricidad así obtenida oscile entre 0,10 y 0,15 dólares/kWh. Para el Reino

Unido, se calcula que si se usa biogás para la generación simultánea de energía térmica y electricidad y el precio de venta de la energía térmica es de 0,0156 dólares/kWh, el costo neto de la electricidad sería de 0,091 dólares/kWh.

Cuadro 2

Plantas europeas de biogás: rendimientos, costos e ingresos de la venta de energía

| Tipo de planta | Producción de gas (m ³ o m ³ de materia prima) | Valor del gas (En dólares EE.UU./m ³ de materia prima) | Costo de capital y de explotación | Valor neto de la energía |
|--|--|--|-----------------------------------|--------------------------|
| Planta especializada de tratamiento de residuos sólidos urbanos ^b | 60 - 150 | 7 - 18 | 80 - 150 | < - 60 ^c |
| Programa danés de plantas centralizadas de biogás | 20 - 80 | 2 - 10 | 7 - 14 | -12 - +3 |
| Sistemas rurales de bajo costo (Suiza, Alemania) | 5 - 20 | 1 - 2 | 1 - 5 | -4 - +1 |

Fuente: Departamento de Coordinación de Políticas y de Desarrollo Sostenible de la Secretaría de las Naciones Unidas.

^a Precio de venta del biogás: 0,12 dólares EE.UU./m³ de gas.

^b Residuos sólidos urbanos seleccionados en el lugar de origen o residuos de verduras, plantas de jardín o frutas.

^c Las tarifas por concepto de eliminación de desechos constituirían la principal fuente de ingresos en este tipo de planta.

78. En el cuadro 3 se incluyen datos sobre una instalación comunitaria de generación de electricidad a partir de biogás ubicada en una aldea del sur de la India. La materia prima es estiércol de ganado. En el estudio se llega a la conclusión de que con una tasa elevada de utilización de la capacidad instalada más (horas por día) y con tipos de interés altos (más del 7,5%) la planta podría abastecer de electricidad a la aldea a un precio menor que la red centralizada de distribución.

Cuadro 3

Costos de un pequeño sistema comunitario de generación
de electricidad a partir de biogás en Pura (India)

| | |
|--|------------------------|
| Costo por kWh de capacidad instalada (1992) | 1.014 dólares EE.UU. |
| Costo de la electricidad cuando la planta funciona 4,2 horas al día | 25 centavos EE.UU./kWh |
| Costo de la electricidad cuando la planta funciona 20 horas al día | 7 centavos EE.UU./kWh |
| Tipo de interés mínimo con el cual resulta más barata la electricidad producida por biogás que un sistema centralizado de electricidad | 7,5% |

Fuente: Departamento de Coordinación de Políticas y de Desarrollo Sostenible de la Secretaría de las Naciones Unidas.

79. En los países industrializados que cuentan con excedentes de alimentos, los agricultores tienen sumo interés en diversificar sus cultivos para aprovechar las tierras en barbecho, la maquinaria y la mano de obra. Sin embargo, como los precios actuales de los combustibles fósiles son bajos, en términos generales los costos de los cultivos energéticos son de dos a tres veces superiores a los de los combustibles fósiles (el precio al por mayor de la gasolina oscila entre 4 y 5 dólares/GJ y el precio al por menor en los Estados Unidos es de aproximadamente 7,5 dólares/GJ). Los menores costos se registran en el Brasil, donde los costos de producción de la caña de azúcar son bajos y los costos de inversión han caído gracias a la experiencia adquirida. Los costos de producción han disminuido a razón de un 4% anual entre 1979 y 1988 y se podría lograr una reducción adicional de 23% con una inversión relativamente pequeña. Los ingresos provenientes de la venta de electricidad generada a partir de bagazo de caña de azúcar (utilizando tecnologías de sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas) podrían hacer que en el Brasil el etanol fuera competitivo pese a que en la actualidad los precios del petróleo son bajos. En los países industrializados se han hecho esfuerzos por encontrar materias primas baratas.

80. La biomasa de plantas leñosas podría ser la materia prima barata que se necesita para lograr que los combustibles líquidos obtenidos de la biomasa sean más competitivos. Se ha calculado que en la actualidad la producción de etanol a partir de biomasa leñosa costaría 15,1 dólares/GJ. En el futuro sería posible reducir los costos hasta 8,6 dólares/GJ. En comparación, se prevé que los precios al por mayor de la gasolina aumentarán de 4,5 dólares/GJ (promedio de 1993) a 6,8 dólares/GJ en el año 2010. El uso de metanol como combustible para vehículos equipados con pilas de combustible ha despertado interés. Por lo general el metanol se fabrica a partir de gas natural o de carbón. Se ha calculado que para que las materias primas de biomasa puedan competir con el carbón su precio debería reducirse a 1,5 dólares/GJ. A título de comparación, los costos de producción estimados del metanol a partir de gas natural y de

carbón se estiman en 7,3 dólares/GJ y 11,7 dólares/GJ, respectivamente. En el cuadro 4 se muestran los costos de producción y los precios de venta del biodiesel. El combustible diesel es el combustible fósil que compite con el biodiesel y su precio de venta mayorista es de cerca de 5,5 dólares/GJ. Algunos subproductos valiosos (piensos y glicerol) pueden reducir el costo neto de producción. Con un impuesto equivalente al 10% del que se aplica al combustible diesel, el biodiesel podría lograr una participación en el mercado europeo. Sería posible encontrar mercados restringidos en los sitios en que resulta de particular importancia la calidad del aire y del agua, como los parques nacionales, las vías navegables y las zonas donde se practica el esquí.

Cuadro 4

Costos del biodiesel en Europa y en los Estados Unidos

| Año | Lugar | Materia prima | Costo (centavos EE.UU./litro) | Costo (dólares EE.UU./GJ) |
|--------|----------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1994 | Estados Unidos | Soja | 81,9 | 22,7 ^a |
| 1994 | Estados Unidos | Colza | 72,7 | 19,8 ^a |
| 1994 | Comunidad Europea/Estados Unidos | Colza | 81,7 - 115,8 | 24,9 - 35,3 ^b |
| 1995 | Reino Unido | Colza | 51,3 | 15,6 ^c |
| 1995 | Reino Unido | Colza | 79,1 | 24,1 ^d |
| 1995 | Comunidad Europea | Colza | 57 | 17,7 |
| 2005 | Comunidad Europea | Colza | 42 | 12,8 |
| Futuro | Comunidad Europea/Estados Unidos | Colza | 41,0 - 50,3 | 12,5 - 15,3 ^b |

Fuente: Departamento de Coordinación de Políticas y de Desarrollo Sostenible de la Secretaría de las Naciones Unidas.

^a Precio de aceite comestible procedente de plantas en Montana y Missouri.

^b El precio de 1994 es un costo de producción basado en un descuento del 5% y en los costos de los factores para la materia prima (es decir, el precio de mercado más la subvención media concedida a los agricultores). El costo "futuro" se basa en el precio más bajo de 1991 o en el precio de mercado mundial y en un descuento del 5%.

^c Costo de producción de 85,1 centavos EE.UU./litro, menos ingresos derivados de los coproductos de 34,8 centavos EE.UU./litro; se estima que el costo de inversión se recuperará en cinco años a un interés del 10%.

^d Precio de venta que supone que el biodiesel está gravado en un 10% del tipo de imposición sobre el diesel mineral (el precio de venta es de 85,1 centavos EE.UU./litro).

D. Comparación de los costos de las diversas formas de biomasa con una misma metodología

81. Las comparaciones entre diversas formas de biomasa son difíciles pues los diversos especialistas formulan distintas hipótesis para efectuar los cálculos. En un modelo de la energía de la biomasa en Australia que toma en cuenta los recursos disponibles, las posibilidades del mercado y las repercusiones ambientales, se seleccionaron los siete sistemas más prometedores siguientes (no se enumeran en orden de prioridad):

- a) Residuos leñosos a electricidad;
- b) Residuos sólidos municipales a electricidad;
- c) Desechos animales y humanos a electricidad;
- d) Biomasa leñosa a etanol;
- e) Biomasa leñosa a metanol;
- f) Semillas de oleaginosas a ésteres de aceites derivados de dichas semillas (biodiesel);
- g) biomasa a derivados oxigenados.

E. Costos externos

82. Resulta difícil estimar los costos ambientales y sociales pues asignar un valor fijo a la vida humana y la calidad del medio ambiente es una tarea compleja. Es más fácil estimar los costos de los tratamientos médicos o los costos de descontaminación. Por ejemplo, el costo del derrame de petróleo del buque Exxon Valdez fue de 2.200 millones de dólares y el del accidente nuclear de Three Mile Island fue de 1.000 millones de dólares. En Alemania se ha estimado que los efectos ambientales externos de la producción de electricidad (a valores de 1982) tienen un costo que oscila entre 0,011 y 0,061 DM por kWh para los combustibles fósiles y entre 0,012 y 0,120 DM/kWh para las centrales nucleares. Si se incluyen otros costos externos y de apoyo, los costos totales (a valores de 1982) oscilan entre 0,039 y 0,088 DM por kWh para los combustibles fósiles y entre 0,097 y 0,208 DM por kWh para las centrales nucleares.

83. En consecuencia, las fuentes de energía renovables, cuyos costos externos son bajos o nulos y que tienen diversos efectos externos favorables, están en permanente desventaja. La internalización de los costos y beneficios externos y la reasignación de los subsidios de forma más equitativa deben convertirse en prioridades para que todas las fuentes renovables de energía puedan compararse imparcialmente con los combustibles fósiles. Algunos gobiernos están tratando de poner en práctica programas que tengan en cuenta los costos externos, como los impuestos a las emisiones e incentivos a los combustibles menos contaminantes pero hasta ahora se han aplicado unos pocos y en su mayoría han encontrado fuerte oposición. En general, las normas y gravámenes actuales guardan poca relación con los daños reales provocados por los combustibles fósiles y los costos de la eliminación de residuos, del seguro y de la puesta

fuera de servicio de las centrales nucleares y suelen ser el resultado de compromisos políticos.

84. Las estimaciones anteriores sólo toman en cuenta los costos privados (internos). Cualquier actividad económica, y especialmente la producción de energía, también genera costos externos que afectan a terceras partes además del comprador y del vendedor. Estos costos pueden ser ambientales (por ejemplo daños a cultivos por contaminación) o no ambientales (por ejemplo subsidios directos, la seguridad del suministro de energía a nivel nacional, gastos de investigación y desarrollo, y bienes y servicios suministrados por el Estado). El cálculo del valor monetario de los costos externos se presta a controversia. Sin embargo, si se aplica la misma metodología a todos los tipos de combustibles es posible realizar comparaciones útiles y se logra cierta coincidencia entre los valores obtenidos por distintos especialistas. En un estudio de los costos externos de las fuentes de energía renovables comparados con los de la generación de electricidad a partir del carbón en Escocia (Reino Unido), se calculó que la energía eólica y la hidroelectricidad tenían costos externos inferiores a los de la biomasa, mientras que los costos del gas de vertedero y de la combustión de residuos sólidos urbanos eran mayores. Se estima que el carbón tiene un costo externo que oscila entre 0,0355 y 0,054 dólares/kWh mientras que el de los cultivos energéticos oscila entre 0,0044 y 0,0059 dólares/kWh. Si se tuvieran en cuenta estos costos externos al planificar las inversiones en nuevas instalaciones de generación el costo de la biomasa se reduciría en 0,031 a 0,048 dólares/kWh con respecto al del carbón. Así, la generación de electricidad a partir de la biomasa a un costo de entre 0,07 y 0,10 dólares/kWh sería competitiva con el precio actual de la electricidad, que oscila entre 0,04 y 0,05 dólares/kWh.

85. Se ha examinado el enfoque utilizado para evaluar los costos externos por las empresas de servicios públicos en los Estados Unidos. Veintinueve estados toman en cuenta los factores externos en la planificación de recursos o de adquisiciones. De ellos, 22 sólo lo hacen cualitativamente. Sólo cinco estados intentan estimar el valor monetario de los costos externos, a saber: California, Massachusetts, Nevada, Nueva York y Wisconsin. Los cálculos se centran casi exclusivamente en los factores externos de carácter ambiental (no los económicos o sociales) y especialmente en las emisiones atmosféricas. El valor atribuido a los costos externos varía mucho entre estados: los valores utilizados para las emisiones de CO₂ oscilan entre 1,21 dólares/t en Nueva York y 25,24 dólares en Massachusetts. De los cinco estados mencionados sólo Massachusetts reconoce que las emisiones de CO₂ de la biomasa se compensan por su fijación durante la etapa de crecimiento. Este hecho hace que los costos externos disminuyan de más de 0,05 dólares/kWh, a unos 0,01 dólares/kWh, para un proyecto que utilice madera como combustible.

F. Resumen

86. Las formas más interesante de energía derivada de la biomasa son las que aprovechan los residuos de la agricultura, la silvicultura, o la industria. En los lugares en que puede disponerse de estos residuos a nivel local, la combinación de combustibles, la generación simultánea de energía térmica y electricidad y la calefacción de distritos urbanos ya resulta conveniente. A medida que se reduzcan los costos de la madera de plantación y bajen los gastos

de inversión, la transformación de biomasa en electricidad será cada vez más competitiva. Las tecnologías de gasificación de vanguardia para transformar madera en electricidad tienen ciertas ventajas sobre las plantas que consumen combustibles fósiles, por lo que parecen tener un futuro particularmente prometedor. La tecnología utilizada para transformar biomasa leñosa en etanol aún no se ha probado a escala comercial y sería necesario que el precio del petróleo aumentara considerablemente para que fuera competitiva. En los casos en que se producen subproductos valiosos, como ocurre con la obtención de biodiesel a partir de la semilla de colza, la rentabilidad es mayor. El propio biogás es un subproducto del tratamiento de residuos orgánicos y la venta de energía puede generar ingresos importantes. En localidades remotas la producción local de biocombustibles a menudo es más barata que el envío de combustibles fósiles o la provisión de electricidad de la red. Si se tomaran en cuenta los costos externos de la energía de la biomasa y se compararan con los de la energía obtenida de los combustibles fósiles la viabilidad de la biomasa mejoraría considerablemente. En líneas generales, los combustibles líquidos y gaseosos son menos competitivos. Sin embargo, la experiencia del Brasil ha demostrado que la producción de etanol a partir de biomasa está muy cerca de lograr la viabilidad económica.

VI. NECESIDADES Y CONSECUENCIAS POLÍTICAS

87. Los objetivos de cualquier sistema de generación de energía a partir de la biomasa deben ser los siguientes:

- a) Acrecentar al máximo los rendimientos en forma sostenible con un mínimo de insumos;
- b) Optimizar los beneficios económicos y sociales para las comunidades locales y las comunidades en general;
- c) Utilizar y seleccionar los materiales y procesos adecuados para las plantas;
- d) Optimizar el uso de la tierra, el agua y los fertilizantes;
- e) Crear una infraestructura adecuada y una base de investigación y desarrollo sólida;
- f) Internalizar los costos externos. A este respecto aún queda mucho por hacer, particularmente en los países en desarrollo.

88. Aunque se supone que las fuerzas del mercado serán factores determinantes en el desarrollo futuro de la bioenergía, la experiencia acumulada indica que para que la bioenergía tenga éxito es preciso proporcionarle, inicialmente, apoyo político y fiscal, habida cuenta de los bajos precios de los combustibles convencionales, los subsidios encubiertos y los obstáculos institucionales. Varios países han prestado tal apoyo. En Austria se brindó apoyo político por conducto de una legislación favorable, subsidios de capital, menores costos de financiación, y educación. En Dinamarca se ha prestado apoyo político del más alto nivel a la energía ecológicamente racional y al desarrollo sostenible mientras que Finlandia asignó recursos importantes a la investigación, el

desarrollo y la demostración. En Suecia, la decisión de eliminar gradualmente la energía nuclear dio impulso a la bioenergía. En el Reino Unido el instrumento más importante ha sido la Ley sobre los Combustibles No Fósiles, aplicada mediante un proceso de licitaciones. En los Estados Unidos se ha adoptado una serie de medidas legislativas y económicas encaminadas a facilitar la utilización de energías alternativas. En los países en desarrollo la situación es más difícil. Con frecuencia, los precios de la energía convencional (electricidad, gas de petróleo licuado, queroseno y combustible diesel) se mantienen bajos artificialmente mediante subsidios que favorecen la industrialización y por otros motivos de tipo social. De este modo, es poco el dinero que se asigna a la bioenergía. Los países grandes como el Brasil, China y la India, tienen programas de fuente de energía alternativas relativamente importantes. Por ejemplo, en el Brasil se ha estado subsidiando la producción de etanol mientras que en China se ha estado prestando apoyo a programas de biogás y de cocinas a leña. En la India, el primer país que creó un ministerio de fuentes de energía renovables, en la mayoría de los casos el desarrollo de la bioenergía se ve obstaculizado por los precios artificialmente bajos de la energía.

89. Aunque los subsidios a las fuentes de energía renovables hasta que éstos alcancen cierto grado de madurez pueden ser aceptables desde un punto de vista político, en última instancia el papel más importante lo cumplirán las fuerzas del mercado. Por ese motivo es importante internalizar todos los costos y beneficios de la energía. En el contexto político actual no es posible proporcionar subsidios durante mucho tiempo pues es más probable que los precios de la energía reflejen los precios predominantes en el mercado internacional.

A. Incentivos fiscales

90. Los impuestos y otros incentivos fiscales son instrumentos de utilidad reconocida para fomentar el uso de determinadas fuentes de energía. En relación con las nuevas fuentes de energía, los impuestos pueden utilizarse tanto como barreras o como incentivos. Por ejemplo, en los Estados Unidos los impuestos federales han cumplido ambas funciones y, según el tipo de medida impositiva adoptada. Los impuestos al carbono son un concepto relativamente nuevo pero pueden influir en forma decisiva en la adopción de tecnologías de generación de energía cuyo nivel de emisiones de CO₂ sea bajo o nulo, como la energía de la biomasa. Los impuestos al carbono son esencialmente instrumentos de política que pueden variar de un país a otro y según las circunstancias. En el decenio de 1980 se propugnó ampliamente el uso de impuestos por considerárselo una forma eficaz de propiciar el uso de las fuentes de energía renovable y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta actividad de fomento parece haber disminuido en alguna medida, fundamentalmente como consecuencia de la hostilidad de las empresas y de limitaciones políticas. Aunque el monto de los impuestos no es necesariamente alto, la idea de imponer nuevos gravámenes y la naturaleza mundial del problema se han convertido en un obstáculo. Sin embargo dicho concepto se ha comenzado a aplicar en algunos países. En Suecia, el impuesto al carbono se introdujo en 1991: equivale a aproximadamente 150 dólares por tonelada de carbono y afecta al petróleo, al carbón y al gas natural. En Noruega el impuesto asciende a 120 dólares por tonelada de carbono.

91. Se ha estimado que un gravamen de 0,2% aplicado a los combustibles fósiles en los países de la OCDE permitirían recaudar unos 833 millones de dólares por año. Si la mitad de este gravamen se utilizara para subsidiar a largo plazo las tecnologías de generación de electricidad más prometedoras (eólica, solar térmica, fotovoltaica y energía de la biomasa) se podría estar en condiciones de comercializarlas dentro de aproximadamente 10 años. Un ejemplo de ello es el programa de la Ley sobre los Combustibles No Fósiles en el Reino Unido que ha impulsado una caída de los precios en las licitaciones de energía eólica de entre 0,144 y 0,176 dólares/kWh en 1990 a 0,064 dólares/kWh en 1994 mediante un proceso de aprendizaje en la práctica. Para los 70 proyectos más baratos, en el marco de dicha ley con una producción total de 316 MW, el precio promedio licitado fue de 0,062 dólares/kWh mientras que el precio promedio de la electricidad producida a partir de combustibles fósiles asciende a 0,042 dólares/kWh, sin incluir los costos ambientales y sociales, que según las estimaciones podrían llegar a 0,064 dólares/kWh. El subsidio total para los proyectos que se acogen a la ley oscila entre 27 y 35 millones de dólares, o sea entre 0,48 y 0,64 dólares por persona por año durante los 20 años de validez del contrato, o sea menos del 0,2% del valor de la factura de electricidad que paga el consumidor tipo en el país.

B. Tendencias futuras en materia de energía

92. Se examinarán tres aspectos fundamentales: la energía en general; la bioenergía y los biocombustibles (líquidos y gaseosos).

1. Energía

93. Todo parece indicar que en el futuro la estructura de la oferta de energía será más compleja y diversa y que las fuentes de energía renovables tendrán una participación importante y cada vez mayor en el mercado. Un sistema de oferta de energía descentralizado y diversificado permitirá un control mayor a nivel nacional, regional y local. La eficiencia de la generación de energía aumentará, posibilitando un crecimiento económico ininterrumpido que no se reflejará necesariamente en un aumento del consumo de energía per cápita en los países industrializados. En los países en desarrollo la demanda de energía seguirá aumentando debido al crecimiento demográfico y una mejoría de las condiciones de vida, pero la tasa de aumento será menor como consecuencia del progreso tecnológico. Se seguirán utilizando los combustibles fósiles hasta bien entrado el próximo siglo, pero su participación porcentual será menor mientras que la participación de las fuentes de energía alternativas, también denominadas "libres de carbono", aumentará considerablemente. La transición de un sistema de generación de energía que tenga como base principal los combustibles fósiles a otro más diversificado y descentralizado podría verse acelerada en gran medida como consecuencia de la importancia creciente de la información compartida y procesada.

2. Bioenergía

94. Se hace cada vez más evidente que en el próximo siglo la bioenergía podría ser una fuente importante de energía. La utilización de sistemas modernos de

obtención de energía de la biomasa aumentará considerablemente mientras que las formas tradicionales experimentarán una disminución relativa. Sin embargo, en términos absolutos, es probable que el uso de la biomasa tradicional continúe aumentando como consecuencia del crecimiento demográfico. El uso de la bioenergía industrial en gran escala exigirá progresos importantes en la tecnología agrícola a fin de aumentar la productividad y reducir los costos. Otro tanto deberá ocurrir con las tecnologías de transformación (como la gasificación). El mercado más prometedor para la bioenergía es el de los sistemas para la generación simultánea de energía térmica y electricidad y el de la bioelectricidad que pueden utilizar tecnologías ya establecidas. En el mediano plazo las nuevas tecnologías como los sistemas de gasificación de la biomasa, el ciclo de turbina a gas con inyección de vapor, los sistemas integrados de gasificación de biomasa y turbinas a gas y el ciclo combinado de turbina a vapor y turbina a gas pueden ofrecer nuevas oportunidades económicas.

3. Biocombustibles

95. La combinación de factores tecnológicos y ambientales y la elevada eficiencia de los combustibles están haciendo posible la introducción de nuevos combustibles para el transporte con mayor rapidez que la que se creía posible hace un decenio, pese a los bajos precios del petróleo. Sin embargo, la concreción de esta posibilidad dependerá de una combinación de factores políticos, económicos y tecnológicos. Los combustibles líquidos de alta calidad se reservarán para el transporte aéreo y por carretera, y el petróleo continuará predominando por lo menos hasta el año 2050.

96. Entre los biocombustibles líquidos predominará el etanol de la caña de azúcar (Brasil), del maíz (Estados Unidos) y de una variedad de cultivos en la Comunidad Europea, las tres zonas productoras más importantes. Es probable que muchos de los países productores de caña de azúcar también comiencen a producir etanol pero en menor escala. Además del sector del transporte, el etanol también se puede utilizar en la industria química, y en la cocina y el bombeo de agua en las zonas rurales. A largo plazo, la producción de etanol por hidrólisis enzimática de materias primas lignocelulósicas podría ampliar el mercado más que sustancialmente ya que haría posible la introducción de etanol a precios competitivos.

97. El metanol y el hidrógeno, utilizados en vehículos equipados con pilas de combustible, podrían cobrar importancia alrededor del año 2010. En una primera etapa el metanol y el hidrógeno podrían producirse por el tratamiento de gas natural con vapor, que es el procedimiento más económico en el corto plazo. Aunque queda mucho por hacer, el metanol y el hidrógeno obtenidos a partir de la biomasa podrían contribuir sobremanera a las necesidades de combustible para el transporte en condiciones competitivas y aportar beneficios económicos considerables, especialmente si se producen en las zonas rurales de los países en desarrollo.

98. El interés en el biodiesel es cada vez mayor pero, exceptuando a algunos países como el Brasil, los países de la Comunidad Europea y posiblemente los Estados Unidos, el mercado sería reducido debido a los costos elevados y la gran demanda de aceites comestibles. En las zonas rurales más remotas de los países en desarrollo, donde las posibilidades de producción son grandes, el biodiesel

podría contribuir a satisfacer las necesidades locales. En el Brasil, por ejemplo, donde existen unas 40.000 aldeas aisladas, parece sensato producir biodiesel para satisfacer las necesidades locales (iluminación, bombeo de agua, etc.). Los mayores costos pueden justificarse si se tiene en cuenta los elevados costos de conexión a la red de distribución nacional y del transporte del combustible diesel. En el corto plazo, el uso de biodiesel probablemente se vea restringido a los países de la OCDE, que a raíz de consideraciones ambientales, agrícolas y de otra índole pueden pagar subsidios elevados.

C. Lagunas más importantes en materia de investigación

99. Pese a la gran importancia de la energía de la biomasa para muchos países en desarrollo, las autoridades y los planificadores en el sector de la energía no prestan suficiente atención a la planificación de la producción, distribución y utilización de la biomasa. La aplicación de las pocas disposiciones pertinentes que puedan existir por lo general es ineficaz como consecuencia de una combinación de factores entre los que cabe mencionar las restricciones presupuestarias, la falta de recursos humanos, la baja prioridad, la falta de información y otros factores. Es necesario disponer de mucha más información sobre la producción y utilización de la biomasa, especialmente si se desea otorgar a la energía de la biomasa la misma importancia en materia de investigación que a las otras fuentes de energía. La falta de información dificulta la planificación en la esfera de la producción y la utilización de la energía de la biomasa, y a nivel nacional o regional hay muy pocos estudios detallados. Fuera de los Estados Unidos, Kenya y Zimbabwe, hay pocos balances de energía de la biomasa a nivel nacional y se dispone de muy pocos datos confiables para compilarlos. Estos balances son métodos muy útiles para presentar datos y pueden proporcionar una visión muy clara de las condiciones y oportunidades nacionales, regionales y locales para el suministro y el ahorro de energía.

100. Los estudios de la energía obtenida de la biomasa han tenido generalmente por objeto obtener datos sobre la oferta, el consumo y los procesos de conversión, y no se ha prestado atención ni asignado recursos suficientes a las investigaciones más básicas de la producción, la recolección y los procesos integrados de conversión. Además, es poco lo que se investiga en relación con las corrientes de los mercados, la rentabilidad y la función que pueden cumplir los empresarios para hacer llegar la bioenergía a los usuarios finales, así como para determinar si estos servicios se prestan de forma sostenible.

VII. CONCLUSIONES

101. El creciente interés que despierta la bioenergía se debe a diversos factores: la mayor preocupación por el medio ambiente, las cuestiones ecológicas y la sostenibilidad, la posible contribución energética de la biomasa en sus formas modernas y tradicionales, la versatilidad y disponibilidad de la bioenergía en todo el mundo, sus beneficios en el plano local, la idea de plantar cultivos energéticos en las tierras excluidas de los países industrializados y los avances tecnológicos que mejoran la viabilidad económica. Por primera vez se considera a la bioenergía un componente fundamental de numerosos planteamientos hipotéticos futuros en materia de energía, con una

participación de entre el 10% y el 30% en el suministro de energía para el año 2050. En el planteamiento de la hipótesis energética mundial de uso intensivo de fuentes renovables, por ejemplo, se prevé que para el año 2050 el 17% de la electricidad mundial podría provenir de formas modernas de biomasa. Dada la naturaleza de la bioenergía, presentada de manera incorrecta y subestimada en muchas estadísticas oficiales, hoy no es posible ofrecer una perspectiva más exacta. La biomasa, que es desde hace tiempo la principal fuente de energía en muchos países pobres y un componente importante en muchos países industrializados, podría desempeñar en el futuro un papel destacado como fuente de energía moderna. Sin embargo, puede que en sus formas tradicionales su contribución sea menos importante en términos relativos, aunque no en términos absolutos.

102. Un grave problema que presentan las formas tradicionales de la bioenergía es que se suelen usar de manera poco eficaz, de modo que se produce muy poca energía útil. podría producirse económicamente mucha más energía de la biomasa que en la actualidad, de manera que las posibilidades energéticas de la biomasa se podrían aumentar notablemente. De hecho, la cuestión de la baja eficiencia energética, sobre todo en las zonas rurales de los países en desarrollo, no se ha abordado debidamente ni ha recibido prioridad. Cuando la bioenergía no se usa de manera eficaz pueden producirse efectos negativos en el medio ambiente, pero si se produce de manera eficiente y sostenible supone numerosos beneficios ecológicos y sociales en comparación con los combustibles fósiles. Dichos beneficios van del desarrollo socioeconómico, el control y la eliminación de desechos y el reciclaje de nutrientes a la creación de empleo, la mitigación del CO₂ y una mejor ordenación de las tierras, factores todos que dependen de la naturaleza y la tecnología de que se trate. Entre las diversas estrategias que se están considerando para reducir la producción de gases de efecto invernadero, la sustitución de los combustibles fósiles por la biomasa se va haciendo más popular, pues parece que constituye una estrategia efectiva desde los puntos de vista económico y ecológico (sobre todo para contrarrestar las emisiones de CO₂: las posibilidades de mitigar el CO₂ oscilan entre 1.000 millones y 3.500 millones de toneladas al año).

103. Un importante motivo de preocupación, aunque quizás injustificado, es la repercusión ambiental y ecológica que tienen a largo plazo las grandes plantaciones energéticas de monocultivos. Los últimos experimentos e investigaciones señalan que con una gestión cuidadosa, con una planificación de uso de las tierras y con una selección adecuada de especies y clones, pueden evitarse la mayor parte de los efectos negativos y potenciarse los factores positivos.

104. La disponibilidad de las tierras y la producción de bioenergía están íntimamente relacionadas. Se han efectuado muchos estudios con el propósito de determinar cuánta tierra se tiene disponible a escala mundial para fines no agrícolas. La cantidad oscila entre los 150 y los 1.200 millones de hectáreas, lo cual muestra la falta de criterios adecuados de clasificación de tierras empobrecidas y abandonadas. Estos estudios y otros parecidos parecen demostrar que, a pesar de las prioridades locales de utilización, las limitaciones que se aducen en materia de tierras no tienen fundamento. Lo que no se cuestiona es que en la Comunidad Europea y en los Estados Unidos se están abandonando cantidades notables de tierras productivas, mientras que en los países en desarrollo tropicales existen vastas superficies de tierra deforestada y

empobrecida inservible para fines agrícolas que se podría valorizar con plantaciones de bioenergía.

105. La competencia entre la bioenergía y la producción de alimentos también suscita preocupación. Entre las cuestiones que deben examinarse con cuidado antes de emprender el análisis del problema del "conflicto entre los alimentos y el combustible" cabe destacar la producción y consumo de alimentos, las pautas de distribución, el hambre, la falta de poder adquisitivo, la desigualdad, el uso de tierras y cereales para el ganado, la subutilización de las tierras agrícolas, inversiones inadecuadas, la exportación de cultivos, el régimen de tenencia de la tierra, las guerras y la interferencia política.

106. Los agricultores han demostrado que con el apoyo debido (investigación y desarrollo, infraestructura, apoyo financiero, etc.) pueden producir una cantidad mucho mayor de alimentos. Si se pretende suministrar más alimentos a quienes actualmente carecen de una nutrición apropiada, es necesario cambiar el sistema actual de producción y distribución de alimentos. También debe tenerse presente que los alimentos y la energía están relacionados entre sí y son complementarios. Los programas de bioenergía, junto con la agrosilvicultura y la agricultura integrada, podrán aumentar la producción de alimentos al proporcionar energía e ingresos donde se los necesite.

107. Entre los muchos beneficios sociales de la bioenergía se ha destacado en especial la creación de empleo. Los sistemas tradicionales de bioenergía hacen uso intensivo de mano de obra y dan empleo a un gran número de personas sin que ello quede reflejado en las estadísticas oficiales; por ejemplo, la producción de carbón vegetal en África al sur del Sáhara constituye una actividad energética y económica importante, valorada en unos 2.000 millones de dólares y fuente de empleo de cientos de miles de personas, pero aún así pasa desapercibida por los gobiernos y la mayor parte de los organismos de ayuda. La producción bioenergética moderna requiere menos mano de obra, pero genera más empleo que otras actividades industriales parecidas.

108. Diversos avances tecnológicos están abriendo posibilidades de producción de bioenergía que hace solamente unos años de consideraban perspectivas a largo plazo. Se han producido avances notables en la gasificación y en otras tecnologías promovidas por la Comunidad Europea y los Estados Unidos aunque en el Brasil y la India también se está realizando una importante labor; ejemplos de dichas tecnologías son los sistemas integrados de gasificación de biomasa, las turbinas de gas de ciclo combinado, la co-combustión, el biocrudo, etc. En cuanto a los biocombustibles, el mercado de etanol ha alcanzado mayor desarrollo en el Brasil y los Estados Unidos, y el del biogás en Dinamarca, China y la India. El metanol y el hidrógeno procedente de la biomasa son combustibles prometedores que podrían utilizarse en vehículos impulsados por pilas de combustible. La mayor parte de las tecnologías de aprovechamiento de energía de la biomasa aún no han alcanzado un punto en que su adopción pueda dejarse librada a las fuerzas del mercado, con excepción del uso de residuos agrícolas y silvícolas fácilmente disponibles para generar calor, electricidad y biogás que puedan venderse a precios competitivos. Uno de los principales obstáculos a la comercialización de todas las tecnologías de energía renovable es que los mercados actuales de energía no tienen en cuenta en su mayor parte los costos sociales y ecológicos derivados del uso de combustibles convencionales, las subvenciones ocultas, los costos a largo plazo que supone el agotamiento de

recursos finitos y los costos derivados de asegurar un suministro fiable de fuentes de energía del extranjero.

109. Las crecientes presiones ambientales y ecológicas, junto con los avances tecnológicos y el incremento de la eficiencia y la productividad, están aumentando el interés económico de la biomasa como materia prima de las muchas partes del mundo. Las perspectivas comerciales más inmediatas se sitúan en el campo de la cogeneración (energía térmica y eléctrica) en la agroindustria, que aprovecha desechos de madera, bagazo de los ingenios azucareros y otros residuos agrícolas, y que ha cobrado particular impulso en las industrias papelera y maderera.

110. para que prospere la bioenergía, especialmente en sus formas modernas, se deben establecer incentivos iniciales (subsidios, ventajas financieras, impuestos sobre las emisiones de carbono, etc.) para situarla en igualdad de condiciones con los combustibles fósiles establecidos desde hace tiempo; las experiencias de los países con un sector importante de bioenergía lo confirman claramente. A largo plazo debe permitirse que los factores del mercado desempeñen su labor.

111. La predicción de las tendencias energéticas tiene fama de ser difícil. En el futuro el suministro de energía podría ser más descentralizado y las fuentes de energía renovables podrían tener una función más importante. El aumento de la eficiencia energética y los avances tecnológicos podrían moderar el crecimiento de la demanda de energía. Los combustibles fósiles seguirán desempeñando un papel fundamental durante la mayor parte del siglo próximo, pero los distintos tipos de bioenergía aumentarán su participación en el mercado. El petróleo seguirá dominando los sistemas de transporte, pero los combustibles líquidos basados en la biomasa cobrarán más importancia. El biodiesel cobrará tal vez más importancia en los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, pero su uso seguirá concentrado en algunos países en desarrollo. El metanol y el hidrógeno procedentes de la biomasa son posibles fuentes de energía a más largo plazo.

112. Deben eliminarse importantes lagunas en el campo de la investigación y el desarrollo, especialmente en lo que respecta a la producción y el uso sostenibles y ecológicamente aceptables. Un problema importante que presenta la bioenergía es que hasta hace poco no se le concedía alta prioridad en la distribución de los recursos asignados a investigación y desarrollo, planificación y aplicación. Para remediar este olvido se necesita tiempo.

VIII. RECOMENDACIONES

113. Dado el carácter de la bioenergía, no es ni factible ni deseable proponer un conjunto de recomendaciones uniforme y universal. Sin embargo, para facilitar la introducción de la bioenergía se recomiendan las siguientes directrices generales:

a) Formular políticas claras que promuevan la bioenergía en un pie de igualdad con las fuentes convencionales de energía mediante la fijación de precios racionales;

b) Ofrecer incentivos financieros a la bioenergía, especialmente a las empresas de servicios públicos y a los empresarios locales y permitir que los generadores privados vendan bioelectricidad, energía térmica y gases; aportar capital y crédito que alienten las actividades comerciales;

c) Dirigir la investigación y el desarrollo hacia las áreas más prometedoras del aprovechamiento de la biomasa, para aumentar la oferta de energía y mejorar la base tecnológica;

d) Examinar con cuidado los éxitos y fracasos para presentar a los encargados de formular políticas recomendaciones documentadas, sobre todo en lo que respecta a la aceptabilidad y sostenibilidad ecológicas en los planos local y regional;

e) Internalizar todos los costos y beneficios externos de la bioenergía; elaborar metodologías con ese fin;

f) Elaborar sistemas de distribución de bioenergía que faciliten el consumo y el uso;

g) Estudiar los aspectos socioeconómicos interdependientes de la bioenergía;

h) Prestar más atención a la producción y utilización sostenibles de las materias primas utilizadas para obtener energía de la biomasa, a las metodologías de conversión y a los flujos eficientes de energía;

i) Asignar más recursos a actividades de investigación y desarrollo encaminadas a mitigar la contaminación (en especial en el plano local), a aumentar el uso eficiente de la energía y a elaborar nuevos sistemas de conversión;

j) Aumentar la capacidad en materia de gestión de la bioenergía aprovechando al máximo los conocimientos locales existentes, y alentar los enfoques multidisciplinarios;

k) Promover el desarrollo sostenible de plantaciones para la producción de biomasa en gran escala a fin de reducir los costos y lograr su aceptabilidad ecológica;

l) Mejorar las oportunidades y condiciones comerciales ofrecidas a posibles proveedores y mejorar las ofertas en posibles mercados.

Notas

¹ Documentos Oficiales del Consejo Económico y Social, 1994, Suplemento No. 5 (E/1994/25).

² Documentos Oficiales del Consejo Económico y Social, 1995, Suplemento No. 5 (E/1995/25), cap. I.

³ D. O. Hall, F. Rosillo-Calle, J. I. Scrase "Biomass: an environmentally acceptable and sustainable energy source for the future" ("La biomasa: una fuente de energía ecológicamente aceptable y sostenible para el futuro").
