



Consejo Económico y Social

Distr. general
12 de enero de 2001
Español
Original: inglés

Comisión sobre el Desarrollo Sostenible

Noveno período de sesiones

16 a 27 de abril de 2001

Diálogo entre las diversas partes interesadas en la energía sostenible y el transporte

Nota del Secretario General

Adición

Documento de debate presentado por la comunidad científica y tecnológica*

Índice

| | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| El papel de la comunidad científica | 2 |
| Tema 1. Lograr un acceso equitativo a tipos de energía menos contaminantes | 4 |
| Tema 2. Opciones para la producción, la distribución y el consumo de energía | 7 |
| Tema 3. Creación de alianzas entre el sector público y el privado para la obtención de fuentes de energía sostenibles para el transporte | 12 |
| Tema 4. Planificación del transporte sostenible: posibilidades y modelos para el diseño de asentamientos humanos y vehículos | 15 |

* Documento preparado conjuntamente por el Consejo Internacional de Uniones Científicas y la Unión Mundial para la Naturaleza; los criterios y las opiniones que en él se exponen no representan necesariamente los de las Naciones Unidas.

El papel de la comunidad científica

1. En el presente documento¹ se examinan cuatro temas fundamentales sobre la transición mundial hacia una energía y unos sistemas de transporte sostenibles. Se hace hincapié en diversos aspectos importantes vinculados a la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, buena parte de las variaciones de las hipótesis energéticas para el futuro se deben a que se basan en progresos tecnológicos de diferentes ritmos y características.

2. Sin embargo, para lograr la transición a la sostenibilidad no sólo se necesitan conocimientos científicos y tecnológicos, sino también instrumentos económicos y políticas públicas racionales. Hasta el presente, el progreso hacia la sostenibilidad se ha visto limitado más por la adopción de medidas ineficaces, con las opciones políticas que las sostienen, que por los obstáculos vinculados a la ciencia y la tecnología. La sostenibilidad puede exigir ajustes de carácter fundamental en el nivel de la sociedad². En los sistemas de valores es preciso minimizar la importancia que se asigna actual-

mente a los materiales y la energía y alentar su uso más eficaz para implantar modelos de consumo más sostenibles. La ciencia y la tecnología pueden ayudar a impulsar esa transición, pero ello no será suficiente. No es posible aplicar un criterio tecnológico. Las ciencias sociales deberán desempeñar un papel importante a ese respecto.

3. En el Programa 21 se reconoció la importancia de la comunidad científica y tecnológica para alcanzar los objetivos de medio ambiente y desarrollo, en especial en la comunicación de información que permitiera a las autoridades formular y seleccionar políticas apropiadas. Se hizo hincapié en la necesidad de mejorar la comunicación y la colaboración entre la comunidad científica y tecnológica, los encargados de adoptar decisiones y el público en general. En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia del Consejo Internacional de Uniones Científicas y la UNESCO (Budapest, junio de 1999) y en la Conferencia de las Academias de Ciencias del Mundo, organizada por el Interacademy Panel on International Issues (IAP) (Tokio, mayo de 2000), se adoptaron medidas en ese sentido. También en cumplimiento de ese mandato, la comunidad científica y tecnológica está participando, por primera vez, en las actuaciones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible.

4. Antes de abordar los temas del programa relativos a la energía y al transporte, la comunidad científica y tecnológica desea hacer notar algunas cuestiones de carácter general que merecen ser examinadas cuidadosamente por los participantes en el noveno período de sesiones de la Comisión y otros interesados, y respecto de las cuales se deben tomar medidas.

5. En primer lugar, es motivo de preocupación la tendencia a reducir los gastos asignados a la investigación y el desarrollo en la esfera de la energía. En el período comprendido entre 1980 y 1999, el gasto público por ese concepto disminuyó en más de un 50% en los países miembros del Organismo Internacional de Energía, en los que se origina la mayor parte de ese gasto a nivel mundial. (El gasto público en las actividades de investigación y desarrollo en general también se ha mantenido estancado en muchos países, sin registrar una caída tan brusca). La reducción en los gastos por concepto de investigación y desarrollo de fuentes de energía renovable y nuclear fue superior a esa cifra

¹ El Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC), compuesto de 98 uniones científicas nacionales multidisciplinares (academias de ciencias o consejos de investigación científica) y 26 uniones científicas internacionales que se ocupan de una sola disciplina, es un importante foro internacional de la comunidad científica. La Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) es la mayor organización mundial vinculada a la conservación de la naturaleza; en ella se agrupan 76 Estados, 111 organismos gubernamentales, 732 organizaciones no gubernamentales (ONG), 36 miembros nacionales y unos 10.000 científicos y expertos de 181 países integrados en una entidad de cooperación mundial. Se agradecen las importantes contribuciones de la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros (FMOI) y el Interacademy Panel on International Issues (IAP). Dichas organizaciones consultaron a sus miembros a fin de reflejar una amplia gama de opiniones de quienes se dedican a las ciencias naturales y sociales, la ingeniería y la medicina. Sin embargo, el presente documento no representa la posición oficial de dichas organizaciones ni constituye una declaración de éstas.

² *Transition to Sustainability in the 21st Century: The Contribution of Science and Technology*, declaración de las Academias de Ciencias del Mundo, mayo de 2000, http://interacademies.net/intracad/tokyo2000.nsf/all/sustainability_statement. Véase también el documento del Consejo Científico del Japón, titulado *Towards a Comprehensive Solution to Problems in Education and the Environment based on a Recognition of Human Dignity and Self-Worth*, julio de 2000.

media³. Igualmente, parece haber disminuido el gasto privado en actividades de investigación y desarrollo de la energía, y la mayoría de éstas se centra en un pequeño número de países, sobre todo desarrollados. Además, parece que el centro de interés de las actividades de investigación y desarrollo en la esfera de la energía financiadas por los sectores público y privado se viene desplazando de los estudios básicos y a largo plazo hacia proyectos de investigación y desarrollo a más corto plazo y con menores riesgos. Este cambio es especialmente inquietante porque, para cumplir los compromisos relativos a las emisiones de dióxido de carbono establecidos en el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), serán necesarios, en última instancia, avances tecnológicos decisivos en el sector energético a fin de dar cabida al crecimiento de los países en desarrollo. Las investigaciones básicas no son caras en comparación con las intervenciones en la etapa posterior de ejecución, como la adquisición de tecnologías a precios más ventajosos para reducir el precio unitario. Por lo tanto, representan un seguro poco costoso para el futuro. Es fundamental no aplicar un criterio demasiado estrecho sobre las modalidades de investigación que pueden ser importantes para la energía y el transporte sostenibles. Las conclusiones de las investigaciones básicas son impredecibles, y de fuentes imprevistas pueden obtenerse resultados útiles. En disciplinas como las ciencias de la atmósfera, la tecnología de la información, la ciencia de los materiales y la biotecnología, por ejemplo, pueden producirse descubrimientos que favorecen la sostenibilidad en los sectores de la energía y el transporte. Si se depende únicamente del mercado, es poco probable que se obtengan el nivel y el tipo apropiados de actividades de investigación y desarrollo energético pues es muy difícil que las empresas, por separado, puedan aprovechar los beneficios de los proyectos de investigación y desarrollo de alto riesgo y

a largo plazo; por consiguiente, como tendencia, esas actividades carecían de financiación suficiente⁴.

6. En segundo lugar, es preciso realizar esfuerzos considerables para fortalecer la capacidad científica y tecnológica de los países en desarrollo y en transición. Se necesita una masa crítica de conocimientos científicos y técnicos e infraestructura (por ejemplo, laboratorios, equipo e instituciones de apoyo) para que esos países desarrollen, adapten y produzcan tecnologías específicas para sus necesidades, las introduzcan eficazmente en el mercado y brinden el mantenimiento debido de forma permanente.

7. En tercer lugar, el intercambio pleno y libre de datos e información científica y tecnológica es vital para las investigaciones y la formación. Tener acceso a materiales de esa índole es un requisito fundamental para superar los retos del desarrollo sostenible, incluidos los que se presentan en los sectores de la energía y el transporte. Se vienen multiplicando los intentos por restringir el acceso a esos datos e información o por aumentar el costo de ese acceso. A medida que evolucionan las actitudes y las políticas relativas a los derechos de la propiedad intelectual, se subestima, y hasta se soslaya, la importancia del acceso pleno y libre a los datos y a la información. Ello entraña graves riesgos para la obra científica en general y probablemente tendrá consecuencias especialmente negativas para los países en desarrollo y en transición.

8. El cuarto aspecto se refiere a la ética y la responsabilidad de la ciencia y la comunidad científica. Para dar respuestas eficaces a los problemas de ciencia y de política, incluidos los que se presentan en las esferas de la energía y el transporte, es imprescindible que se actúe con integridad y objetividad en la práctica científica. En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia y en otros foros se debatió ese principio, pero es preciso reiterarlo y fortalecerlo en el marco de los debates de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible.

9. Por último, aún hay poca conciencia pública de las cuestiones de la energía y el medio ambiente. Es necesario fomentar la educación del público sobre esos

³ Organismo Internacional de Energía, Base de datos sobre investigación y desarrollo en la esfera energética, http://data.iaea.org/iea/link_wds.asp.

⁴ *Funding and priority policy for energy and environment research*, discurso de apertura pronunciado por H. J. Koch en el Seminario del Instituto de Nuevas Tecnologías, Energía y Medio Ambiente de Italia (ENEA) sobre investigación y desarrollo científico y tecnológico, celebrado en Frascati (Italia), en octubre de 1998, <http://www.iaea.org/new/speeches/koch/1998/italy.htm>.

asuntos, orientándola a la población en general y a los políticos y los funcionarios que formulan y ejecutan las políticas.

10. **Propuestas generales:**

a) Los gobiernos, las organizaciones científicas e internacionales, en colaboración con el sector privado y otros órganos que se consideren necesarios, deberían hacer una evaluación internacional de la suficiencia y la eficacia del gasto público y privado actual por concepto de actividades de investigación y desarrollo en las esferas de la energía y el transporte. En esa evaluación se deberían hacer las recomendaciones siguientes: el nivel de financiación necesaria; las vías para obtener, de fuentes públicas o privadas, la financiación adicional que se considere necesaria, y las prioridades de investigación. Se debería examinar, entre otras posibilidades, la propuesta de la Royal Society del Reino Unido de crear un banco internacional de energía que dispusiera de recursos propios y asignara fondos sobre la base de las recomendaciones de un comité internacional compuesto de científicos, ingenieros y economistas⁵.

b) Los gobiernos, las organizaciones internacionales, grupos destacados y otros interesados deberían llevar a cabo un examen de las actividades que se están realizando en los países en desarrollo y en transición para fomentar la capacidad en el ámbito de las ciencias, incluidas las ciencias naturales, sociales, médicas y de la ingeniería, y adoptar las medidas que se recomienden en dicho examen para fortalecer y ampliar esas actividades. Se debería examinar la posibilidad de crear centros regionales que contribuyeran a difundir información y a promover la transferencia de tecnología en los sectores de la energía y el transporte.

c) Los gobiernos y otras organizaciones, según proceda, deberían adoptar medidas encaminadas a asegurar el acceso pleno y libre a los datos y a la información que se necesitan para la investigación científica y la educación, en las esferas del medio ambiente y el desarrollo en general, y de la energía y el transporte, en particular.

d) La comunidad científica, con el apoyo y la cooperación de otros órganos pertinentes, debería analizar y seguir muy de cerca las implicaciones éticas de la labor científica y los medios para regularla, fomentar

la comprensión y los debates públicos sobre las implicaciones éticas del conocimiento científico y de su aplicación, y elaborar, adoptar y respetar los códigos de ética y de conducta en el campo de las ciencias.

e) La comunidad científica, junto con los gobiernos y otras partes interesadas, según corresponda, debería poner en marcha, dentro de sus esferas de competencia, programas dinámicos de información y educación sobre cuestiones de energía y medio ambiente destinados al público en general y a los encargados de formular y aplicar las políticas correspondientes.

Tema 1. Lograr un acceso equitativo a tipos de energía menos contaminantes

11. **Problema:** Unos 2 mil millones de personas, principalmente en las zonas rurales de los países en desarrollo, carecen de acceso a las formas modernas de energía. Esa cifra es aproximadamente similar a la de 1970, pues el acceso a la electricidad y a otras formas modernas de energía que se podía ofrecer en ese período a más de 1.000 millones de personas se vio contrarrestado por el crecimiento demográfico en esas zonas. La falta de fuentes de energía no contaminante y adecuada tiene consecuencias graves para la salud, la calidad de vida y la economía. La dependencia de los combustibles no tratados y los métodos de cocción tradicionales provoca enfermedades respiratorias generalizadas. El acarreo de leña, a mano y desde distancias cada vez mayores, consume demasiado tiempo, causa trastornos musculares y óseos y aparta a la fuerza de trabajo de tareas más productivas. Además, agrava los problemas conexos de la deforestación y la erosión de los suelos, y contribuye a perpetuar la desigualdad basada en el género pues el peso de esa tarea recae en las mujeres y las niñas. La falta de energía en las zonas rurales, en la cantidad y en las formas necesarias para procesar las materias primas y para otras aplicaciones industriales, limita las posibilidades de crecimiento económico de esas regiones. Por consiguiente, las escasas oportunidades de empleo productivo hacen que la población excedentaria se traslade a las ciudades, lo que agudiza los problemas de la urbanización.

12. En el futuro, la mayor parte del crecimiento demográfico se producirá, en todo caso, en las zonas urbanas. El problema que se prevé no consistirá tan sólo en integrar a los pobres de las zonas rurales a la economía energética moderna; también habrá que satisfacer las necesidades energéticas de los habitantes de las

⁵ Royal Society, *Nuclear energy: The future climate*, Londres, 1999.

ciudades de los países en desarrollo, tanto de los que aún no tienen acceso a las formas modernas de energía como de los miles de millones de personas que se les sumarán en los próximos decenios. Esta situación ha sido denominada el problema de los 2.000 mil millones + 2.000 mil millones, pues supone satisfacer las necesidades de energía de los que hoy están al margen del sistema moderno y, a la vez, prevenir las de la población del futuro, que vivirá, prácticamente en su totalidad, en el Sur y en las ciudades.

13. Si las actuales necesidades de energía del Sur se satisficieran de la misma forma que se satisficieron las del Norte, se producirían grandes problemas en el medio ambiente mundial y local. Por lo tanto, convendría que se utilizaran las fuentes de energía disponibles menos contaminantes y que, además, fueran compatibles con las necesidades urgentes de desarrollo de esos países.

14. **Soluciones:** Si bien esos problemas se presentan en gran escala, en cuanto al número de personas y de territorios afectados, los recursos energéticos que se necesitan no son cuantiosos. A manera de ejemplo, las necesidades de cocción de alimentos de las 2.000 mil millones de personas que no utilizan combustibles modernos representan un 1,3 %, aproximadamente, del consumo mundial comercial de energía o un 3,0 % del consumo mundial de petróleo⁶. El mercado puede satisfacer sólo una parte de esas necesidades —y en las zonas rurales una fracción más pequeña de ellas que en las urbanas— debido a los bajos ingresos de las personas interesadas y al elevado costo de construcción de la infraestructura necesaria. Por todo ello, es necesario también que los gobiernos pongan en práctica intervenciones bien concebidas.

15. Si las tecnologías existentes, además de aplicarse eficazmente, se generalizaran, se podría avanzar para resolver el problema. Por ejemplo, las cocinas de biomasa mejoradas, creadas y fabricadas en masa en los últimos 20 años y utilizadas sobre todo para cocinar, pero

también para la calefacción, han permitido reducir significativamente la contaminación atmosférica local y en los hogares y son de fácil utilización. Los combustibles fósiles conocidos, como el carbón, el queroseno y el gas de petróleo licuado, pueden desempeñar un papel mayor en los casos en que sean asequibles y exista la infraestructura necesaria. Los gases derivados de la biomasa (el biogás que se produce por la acción de las bacterias en los residuos de origen animal en ausencia de oxígeno y el gas de gasógeno que se obtiene del tratamiento químico de los desechos agrícolas) ofrecen ventajas en comparación con la biomasa no tratada y se vienen utilizando cada vez más para cocinar en muchas regiones del Sur. Existen grandes posibilidades de generalizar el uso de esos gases, en especial del gas de gasógeno. La electrificación de las zonas rurales sigue siendo esencial para la agricultura moderna y la industria rural y para mejorar el nivel de vida de la población en esas zonas. El tradicional enfoque centralizado de la electrificación permitió que 800 millones de personas de las zonas rurales tuvieran acceso a la electricidad entre 1970 y 1990; una elevada proporción de ellas viven en China. (China también ha fomentado la descentralización de los servicios de energía, incluido un importante programa de obras hidroeléctricas en pequeña escala). Las redes nacionales de electricidad seguirán extendiéndose, aunque no son apropiadas para las regiones poco pobladas ni para los sectores más pobres de la población, que no pueden pagar esos servicios. La eficacia en la producción, la distribución y el consumo final es especialmente importante en la explotación centralizada de la electricidad.

16. La tendencia a implantar sistemas descentralizados de generación y distribución de la electricidad — que en algunos casos son nuevos y, en otros, tradicionales— ofrecen nuevas posibilidades a las comunidades rurales. Esa tendencia no se limita a las zonas rurales o a los países en desarrollo. Entre las principales tecnologías en cuestión se encuentran la energía fotovoltaica; las turbinas eólicas pequeñas; la energía hidroeléctrica en pequeña escala; la bioenergía obtenida del gas de gasógeno; las turbinas de gas pequeñas; la energía geotérmica; las pilas de combustible; los motores alternativos y las combinaciones hídras de las modalidades mencionadas en dependencia de los recursos disponibles. Los sistemas distribuidos de generación de electricidad con miniredes que se basan en el uso de esas fuentes de energía permiten eludir los altos costos y las pérdidas inevitables que caracterizan a las redes convencionales de transmisión y distribución, y son más convenientes para las zonas apartadas y poco

⁶ Evaluación de recursos energéticos, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas y el Consejo Mundial de Energía, Nueva York, 2000, pág. 369. El presente documento se inspira en este informe de antecedentes (que en lo adelante se denominará WEA, por sus siglas en inglés) al que la comunidad científica hizo aportes sustanciales y que representa un examen exhaustivo y bien fundado de los conocimientos actuales sobre la energía y el problema de la sostenibilidad.

pobladas. Son relativamente poco contaminantes y no tienen los requisitos de mantenimiento y transporte que entraña el uso de gasoil ni su capacidad de contaminación. Otra de sus ventajas es que permiten la participación nacional en la propiedad y en la gestión y empleo del capital privado. Sus buenas perspectivas se basan en el progreso técnico y diversas medidas institucionales, como la desreglamentación, que permitan suministrar la electricidad generada localmente a las redes nacionales⁷.

17. El obstáculo principal que impide el uso generalizado de esas tecnologías ha sido el costo. El acceso a la electricidad no significa forzosamente consumo de electricidad; su costo debe ser asequible para el nivel local de los ingresos. Los costos han venido disminuyendo. En las zonas rurales, las tecnologías sostenibles pueden ser más económicas que las más convencionales si se consideran los ahorros en los costos y las pérdidas evitadas en la transmisión y la distribución y si se estiman debidamente los costos ambientales y sociales externos (los efectos externos que en la actualidad no se tienen en cuenta al calcular los costos de los proyectos). Habida cuenta del acelerado ritmo de aprendizaje, en la aplicación de esas tecnologías es razonable esperar que, a medida que aumente su uso se reduzcan aún más los costos, como por ejemplo, los de los teléfonos móviles y las computadoras personales⁸. El costo de capital de las pilas de combustible, que oscila hoy día entre 5.000 y 10.000 dólares de los Estados Unidos por kilovatio, podría disminuir a 250 dólares por kilovatio, lo que las haría competitivas frente a las actuales turbinas de gas⁹. En las circunstancias apropiadas, el uso de gas de gasógeno ya es más económico que la generación basada en gasoil importado. El vertiginoso aumento de la investigación, el desarrollo y la demostración y la adquisición de tecnologías a precios ventajosos podrían acelerar el proceso de reducción de costos. En la WEA figura (pág. 376) un cuadro sumamente útil en el que figuran varias opciones tecnológicas para proveer de energía a las zonas rurales, a corto, mediano y largo plazo.

⁷ The electric revolution, *The Economist*, 3 de agosto de 2000.

⁸ N. Nakicenovic et. al., eds., *Global Energy Perspectives*, Cambridge (Reino Unido), 1998, pág.50.

⁹ Comunicación emitida por el Comité de Ciencia y Tecnología en los Países en Desarrollo (COSTED), basada en información proporcionada por el Electric Power Research Institute.

18. Propuestas:

a) Los gobiernos de los países en desarrollo, con el apoyo de los donantes bilaterales y multilaterales y de los círculos científicos y tecnológicos, deberían promover el desarrollo de mercados energéticos competitivos y debidamente reglamentados, en especial para los sectores de la población que en estos momentos no tienen acceso a la energía comercial. Las políticas energéticas deberían reconocer las importantes funciones que han de desempeñar tanto los mercados como el capital privado y, en los casos en que las fuerzas del mercado no respondan a las necesidades, las intervenciones del gobierno, como por ejemplo subsidios con fines concretos o incentivos a los precios;

b) Los gobiernos, en colaboración con los asociados pertinentes, deberían hacer evaluaciones sistemáticas, región por región, de las fuentes de energía renovables disponibles a fin de aprovecharlas. Deberían acopiarse datos fiables sobre recursos solares, fluviales, eólicos y de biomasa y darlos a conocer públicamente de modo de ayudar a los inversionistas a adoptar decisiones sobre proyectos de energía renovable;

c) Los gobiernos de los países industrializados, en cooperación con otras organizaciones competentes, deberían crear nuevos programas de cooperación y fortalecer los existentes con los asociados de países en desarrollo y con economía en transición con miras a desarrollar y poner en práctica sistemas integrados basados en tecnologías de energía renovable (incluida la eficiencia energética) y sus híbridos con la energía fósil, a fin de brindar servicios energéticos completos para las zonas urbanas y rurales;

d) Los gobiernos, conjuntamente con los órganos científicos y el sector privado, deberían promover la colaboración internacional en materia de investigación y desarrollo energético sobre tecnologías de conversión de la energía de biomasa a escala industrial, haciendo hincapié en las que proporcionan tanto electricidad como uno o más coproductos (calor, combustibles líquidos, productos químicos, alimentos/forraje/fibra);

e) Los gobiernos y las organizaciones internacionales, con aportes y asesoramiento de todas las fuentes pertinentes, deberían hacer evaluaciones integradas de las necesidades energéticas de los países en desarrollo y definir las opciones para atender dichas necesidades, teniendo en cuenta no sólo criterios económicos estrechos, sino también consideraciones

sociales más amplias como la generación de empleo, aspectos relacionados con el género y efectos sobre la salud. En esas evaluaciones se deberían recomendar disposiciones de financiación y de reglamentación; determinar las limitaciones institucionales y las oportunidades para la reforma y la innovación; y proponer estrategias encaminadas a generar una capacidad local adecuada con miras a concebir, adaptar, fabricar, disseminar, poner en funcionamiento y mantener tecnologías energéticas pertinentes. Debería darse prioridad a proporcionar energía en las zonas rurales a fin de atender las necesidades básicas de la población y crear empleos y oportunidades que generen ingresos, de modo de aliviar la pobreza y mejorar la calidad de la vida.

Tema 2. Opciones para la producción, la distribución y el consumo de energía

19. **Problema.** Los sistemas energéticos actuales no logran atender las necesidades de una parte considerable de la población del mundo, y es cada vez menor la tolerancia a las modalidades no equitativas del uso de la energía. El uso de energía per cápita en los países ricos es ahora ocho veces mayor que el de los países pobres. Las modalidades actuales de uso de energía no son sostenibles, ya que provocan graves problemas de contaminación del aire en el hogar y en los planos local, regional y mundial. De esos problemas, los más graves y refractarios parecen ser las mayores concentraciones de gases termoactivos, fundamente CO₂, en la atmósfera, y el cambio climático perceptible que probablemente sea resultado de esas concentraciones más elevadas. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) llegó a la conclusión ya en 1995 de que “el balance de las pruebas sugiere una influencia humana perceptible en el clima mundial”. El IPCC ha sido un mecanismo útil para lograr que la ciencia se ocupe de la política pública internacional en torno a esta cuestión.

20. Las tendencias no son favorables. La continuación del “aumento habitual de las emisiones” provocaría niveles apreciablemente superiores de CO₂, en la atmósfera (estimados en 60% más para el año 2020), en la medida en que la economía mundial crezca y el Sur aumente su nivel per cápita y (dado el crecimiento de la población) el consumo total de energía. No hay evidencia de una decisión económica y política de cambiar el curso actual, pero cuando la haya, se requerirá un tiempo considerable para introducir nuevos sistemas

energéticos en la escala necesaria, dado el lento movimiento del capital social existente. Se requerirá mucho más tiempo para que las menores emisiones de carbono de los nuevos sistemas tengan algún efecto sobre la estabilidad climática.

21. **Soluciones.** Los efectos ambientales son producto de la magnitud de la población, los niveles y las modalidades de consumo, y la tecnología. Existen tecnologías y recursos energéticos que en diversas combinaciones podrían, en su momento, hacer que la producción y el consumo de energía prosigan una vía más sostenible. Sin embargo, es improbable que eso baste si no se toman medidas para limitar y estabilizar la población del mundo y para modificar las modalidades de consumo en favor de las que tengan una menor intensidad de consumo de energía y materiales¹⁰.

22. Se han elaborado hipótesis cuantificadas en que se estiman la producción y el uso de energía en el mundo conforme a diversas hipótesis demográficas, económicas, tecnológicas y de política¹¹. En las hipótesis para la transición hacia una energía sostenible se prevén sistemas energéticos que permiten continuar el crecimiento económico, pero que son más inocuos y eficientes. En comparación con los actuales, esos sistemas energéticos usarían proporcionalmente menos petróleo y carbón, más gas natural, fuentes renovables, y, en algunas hipótesis, energía nuclear. A continuación se examinan los adelantos tecnológicos en estos tipos de energía.

23. El uso de pilas de combustible a base de H₂ o combustibles ricos en hidrógeno, como el metano o el metanol, probablemente aumente y debería promoverse. Al igual que la electricidad, durante su uso el H₂, no genera, o casi no genera, emisiones de contaminantes y CO₂. Además de esta ventaja intrínseca, las pilas de combustible pueden usarse para energía estacionaria y

¹⁰ Royal Society, *Towards sustainable consumption: A European perspective*, Londres, 2000.

¹¹ N. Nakicenovic, op. cit.; Brown, M., M. Levine, *Scenarios of U.S. Carbon Reductions: Potential Impacts of Energy Technologies by 2010 and Beyond*, Interlaboratory Working Group on Energy-Efficient and Low Carbon Technologies, Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL 40533 (Berkeley, California 1997); John Holdren, “The Energy-Environment-Development Challenge”, exposición presentada en la Conference of the World’s Scientific Academies: Transition to Sustainability in the 21st Century, Tokio, mayo de 2000, op. cit.

para el transporte. A largo plazo es conveniente que el H₂ se produzca mediante electrólisis de agua utilizando fuentes renovables. Mientras llega el momento en que esto sea económico, puede producirse a partir del gas natural u otros combustibles fósiles, y eso puede hacerse de una manera inocua si el CO₂ asociado se elimina y se retiene. También el H₂ podría producirse a partir de la electrólisis alimentada por electricidad generada por energía nuclear.

24. Es imprescindible contar con políticas apropiadas para desalentar el uso de formas de energía no sostenibles, y para fomentar las sostenibles. Éstas incluyen la eliminación de subsidios para el uso de combustibles fósiles; la fijación de precios basada en los costos completos (teniendo en cuenta los “efectos externos”) de todas las opciones energéticas; el uso definido y prudente de medidas fiscales y subsidios para fomentar modalidades más sostenibles del uso de energía; y un apoyo financiero más sólido para la investigación, el desarrollo y la demostración sobre opciones energéticas inocuas.

25. El escenario “más plausible” prevé la posibilidad de un futuro en el que entre 1990 y 2100 se duplicará el uso de energía; se reducirán las emisiones de carbono fósil en más de la mitad; y tanto el PIB por persona como el uso de energía por persona se igualarán entre los países industrializados y en desarrollo. En los países industrializados el nivel proyectado de PIB por persona es más de tres veces superior al de este período, mientras que el uso de energía por persona se reduce en más de la mitad. En los países en desarrollo, el PIB por persona aumenta 25 veces, y el uso de energía por persona unas tres veces¹².

Opciones para fuentes energéticas estacionarias

26. **Combustibles fósiles.** Alrededor del 80% de la energía primaria mundial sigue suministrándose a partir de combustibles fósiles, que seguirán constituyendo la mayor parte de la producción de energía durante algunos decenios, aun cuando se comiencen a promover activamente las fuentes renovables. Por consiguiente, es de importancia capital aprovechar todas las oportunidades para hacer que el consumo de combustibles fósiles sea más inocuo y menos intensivo en cuanto al carbono. En el uso de los combustibles fósiles predominan tres tendencias: i) la generación de electricidad se está tornando más eficiente (55% para las turbinas

de gas del ciclo combinado y más del 60% para la cogeneración, en comparación con 35% a 40% para las centrales clásicas alimentadas por vapor); ii) la generación de energía se está volviendo menos contaminante, especialmente como resultado de la aplicación de controles ambientales como el tratamiento de los gases de humero y la tecnología de desulfurización; iii) hay una tendencia hacia la descarbonización, debido en gran medida a que el carbón se ha sustituido por gas natural para la generación de energía¹³. En los círculos científicos y tecnológicos hay esperanzas de que algunos sistemas de energía fósil puedan hacerse compatibles con un mundo de emisiones de gases termoactivos muy limitadas¹⁴. Las posibilidades para lograrlo incluyen:

a) Mayores logros en la transmisión de energía y la eficiencia del uso final;

b) Seguir sustituyendo el carbón y el petróleo por gas natural, que genera alrededor del 50% menos de carbono por kWh de energía producida y que se encuentra abundantemente, en especial en forma no convencional (por ejemplo, hidratos clatratos en las profundidades oceánicas);

c) Reducción de la quema de gas natural;

d) Mejora de la eficiencia de las tecnologías de conversión, mediante, por ejemplo, el recurso a tecnologías integradas del ciclo combinado de gasificación y a las tecnologías de generación combinada de calor y electricidad (cogeneración);

e) Retención de CO₂ derivado de los combustibles carbonáceos en los fondos oceánicos y formaciones geológicas como en los embalses de hidrocarburos, aunque esta tecnología aún requiere mucha investigación, incluso acerca de su efecto ambiental sobre la ecología oceánica; y,

f) La captación de metano de las minas de carbón, que, por ejemplo, en países como China y la India podría aumentar los suministros de energía no contaminante y al mismo tiempo reducir las emisiones de gases termoactivos. En esos dos países, los incendios de carbón en el subsuelo inducidos por la mano del hombre generan cantidades muy grandes de

¹² Holdren, *ibíd.*

¹³ Royal Society, *op. cit.*, pág. 112

¹⁴ R. H. Socolow, compilador, “Fuels Decarbonization and Carbon Sequestration: Report of a Workshop by the Members of the Report Committee”. Center for Energy and Environmental Studies Report No. 32, Universidad de Princeton, 1997. <http://www.princeton.edu/~ceesdoe>.

emisiones de CO₂; podría hacerse más para controlarlos y extinguirlos.

27. Algunos de estos temas se relacionan con el gas natural, cuya importancia relativa como fuente energética primaria es probable que aumente durante varios decenios. Mucho se puede hacer mediante la investigación, el desarrollo y la demostración para ampliar este recurso y aprovecharlo de manera más eficiente e inocua¹⁵.

28. **Nuclear.** Aunque esta opción es atractiva desde el punto de vista de que reduce los gases termoactivos, el uso de la energía nuclear no ha aumentado su proporción como energía primaria, como se previó en un momento. Además, la proporción actual de su uso disminuirá dentro de uno o dos decenios, ya que los reactores existentes serán clausurados más rápidamente de lo que los nuevos están entrando en funcionamiento. Los problemas son sus altos costos, y preocupaciones en torno a la seguridad, la eliminación de los desechos, la clausura de las centrales, la proliferación de armas, y la falta de la experiencia necesaria para el mantenimiento y la seguridad de la central. Los reactores de agua ligera (LWR), que constituyen alrededor del 80% de los reactores de potencia del mundo, tienen un buen historial de seguridad, al igual que los reactores del tipo CANDU. Además, se han producido avances apreciables en cuanto a la ingeniería básica de las nuevas centrales nucleares, a introducir mejoras en las centrales más antiguas, y a la práctica operacional, los procedimientos y la capacitación. Si bien los diseños básicos de los reactores han cambiado poco, ahora se están investigando o desarrollando varios nuevos diseños o conceptos de reactores que son radicalmente diferentes a los utilizados hasta la fecha, y podrían volverse considerablemente más seguros mediante la incorporación de características pasivas de seguridad. Entre ellas cabe mencionar los reactores de helio de altas temperaturas; los LWR avanzados; y el reactor rápido accionado por acelerador, o “amplificador de energía”. En estos momentos Francia y el Japón están reprocesando el combustible nuclear irradiado para reutilizarlo en los reactores. Ahora bien, el reprocesamiento es caro y produce plutonio, que plantea los mayores riesgos de proliferación. Hacen falta

investigaciones para lograr reprocesar los combustibles nucleares de manera más segura, económica y resistente a la proliferación. La eliminación de los desechos es una de las cuestiones que plantea más problemas para la energía nuclear. Las mejoras logradas hasta la fecha en materia de seguridad y eliminación de desechos no han logrado una mayor aceptación de la opción nuclear entre el público, y la opinión científica está de por sí dividida. Por último, está el caso de la fusión, sobre la que se está investigando a un nivel de unos 1.000 millones de dólares de los EE.UU. anuales, y si resulta viable, podría proporcionar abundante energía eléctrica con un problema activo menor en cuanto a los desechos. Aunque ahora parece casi seguro de que podría construirse una máquina que produciría más energía de la que consume, todavía hay que resolver muchos problemas antes de que esto se haga realidad. Parece improbable que la fusión pueda hacer una contribución apreciable a las necesidades energéticas del mundo antes de, como mínimo, la segunda mitad del siglo XXI¹⁶.

29. **Fuentes de energía renovables.** Todas las hipótesis para lograr la sostenibilidad en el uso de la energía prevén un aumento considerable de la proporción en el uso de energía primaria a partir de fuentes renovables geotérmica, eólica, solar, de biomasa, hidráulica y marina. La eficiencia energética también puede considerarse como una tecnología renovable. La biomasa se examinó anteriormente en lo que respecta a la energía rural. Los residuos agrícolas y forestales, y nuevos cultivos cosechados fundamentalmente para la producción de energía, también pueden proporcionar energía a escala industrial para la electricidad, el transporte y otros usos. La energía marina es abundante y puede aprovecharse de diferentes maneras: presas de contención de la marea, olas, corrientes de mareas/marinas, y conversión de la energía térmica oceánica. Si pudiera explotarse económicamente, podría proporcionar enormes cantidades de electricidad no contaminante. Puesto que supone grandes desafíos tecnológicos, a corto plazo las perspectivas parecen limitadas. Así y todo, las diversas tecnologías que se encuentran en la etapa temprana de desarrollo y de ulterior investigación, desarrollo y demostración podrían hacer cambiar esa evaluación.

¹⁵ Comunicación de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Véase también N. Nakicenovic y otros, *Global Natural Gas Perspectives*, Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas y Unión Internacional de la Industria del Gas, 2000.

¹⁶ The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, *Nuclear Energy: The Future Climate*, 1999.

30. Algunas fuentes de energía renovables proporcionan electricidad intermitente, por ejemplo, la solar cuando el sol brilla, la energía eólica cuando el viento sopla, y plantean el problema del almacenamiento de la energía. Entre las posibilidades de almacenamiento se cuentan pilas y aire comprimido. Otro método atractivo sería utilizar la energía intermitente para producir hidrógeno mediante la electrólisis. Hoy en día los costos son elevados, pero las ventajas son tan grandes que merece que se dé prioridad a su investigación.

31. Aunque las fuentes de energía renovables no escapan a las consecuencias ambientales, por lo general son considerablemente más inocuas y más sostenibles que los combustibles fósiles. También pueden traer consigo otros beneficios, como el ahorro de divisas y la generación de empleos locales e ingresos. En 1998 sólo el 14% del consumo de energía del mundo procedía de esas fuentes, de ellas las dos terceras partes era de biomasa tradicional (fundamentalmente leña para cocinar y calefacción) (Evaluación de recursos energéticos (WEA)). Por consiguiente, las fuentes de energía renovables modernas sólo representan alrededor del 5% —casi la mitad de ese porcentaje corresponde a la energía hidroeléctrica convencional— aunque su uso ahora está aumentando rápidamente. Las posibilidades de extender su uso son muy grandes, y en las hipótesis se prevé que la proporción de fuentes de energía renovables en la segunda mitad del presente siglo podría ser de entre el 20% y el 50% de la energía primaria (la legislación sobre cambio climático de Alemania pide el 50% para el año 2020). Gran parte de las ciencias de las fuentes de energía renovables suele comprenderse bien. En los últimos años se ha avanzado considerablemente en el desarrollo de técnicas de producción y establecimiento de mercados. Los costos aún no son competitivos, salvo en los mercados especializados, pero cuando estas tecnologías se utilicen más ampliamente, las economías de escala y progreso a lo largo de la curva de aprendizaje redundarán en una mayor reducción de los costos como sucede con todas las tecnologías nuevas.

32. **Hidráulica.** Esta fuente de energía bien establecida podría utilizarse en mayor escala. Según la Evaluación de recursos energéticos en estos momentos sólo se está utilizando alrededor de una tercera parte del potencial económicamente viable. La mayor parte del resto se encuentra en los países en desarrollo, y el grueso de la producción actual procede de grandes centrales hidroeléctricas. Sólo el 3,5% de la capacidad

y la producción procede de pequeñas centrales hidroeléctricas. Así y todo, su proporción podría aumentar debido a la tendencia hacia sistemas de electricidad descentralizados. El desarrollo de la energía hidráulica en los últimos años ha sido limitado, en parte debido a las preocupaciones ambientales y sociales asociadas a determinados tipos de proyectos, en especial grandes represas. En muchos casos las represas grandes no han producido los beneficios esperados y han tenido efectos sociales y ambientales apreciables, con frecuencia negativos (los efectos ambientales son básicamente locales, aunque en los países tropicales las grandes hidroeléctricas con embalses superficiales producen emisiones sustanciales de CO₂ producto de la descomposición de la vegetación). En el reciente informe de la Comisión Mundial sobre Represas se pasó revista pormenorizada y objetivamente a este debate. En el informe se recomienda que se aprovechen las oportunidades para obtener beneficios óptimos de las represas existentes y que, al examinar nuevos proyectos de represas, se evalúen cuidadosamente las opciones disponibles¹⁷.

33. **Eólica.** En los últimos años ha aumentado notablemente la capacidad de las turbinas eólicas conectadas a la red en todo el mundo, y se espera que el crecimiento continúe. Las turbinas eólicas ahora son mucho más grandes y los diámetros de los rotores han aumentado gracias a materiales avanzados. El potencial técnico óptimo de la energía eólica es muy grande, entre 2 y 6 TW, o entre la quinta parte y la mitad del consumo de energía mundial actual. El costo depende sobremanera de la velocidad del viento, de modo que relativamente pocas regiones son convenientes desde el punto de vista económico. Es necesario continuar la investigación, el desarrollo y la determinación sobre las tecnologías de almacenamiento a fin de equiparar las cargas con las fluctuaciones en la intensidad del viento.

34. **Geotérmica.** La energía geotérmica puede utilizarse para generar calor y electricidad. Actualmente se producen en el mundo unos 8.000 MW de electricidad geotérmica, en su mayoría en América y en Asia. Unos 15.000 MW térmicos se producen para calefacción, casi el 40% en Europa. Con la actual tecnología de recuperación y utilización, la producción de electricidad a partir de fuentes geotérmicas podría aumentar siete veces, y con las tecnologías avanzadas de perforación y

¹⁷ *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*, <http://www.damsreport.org>.

aumento de la permeabilidad, 12 veces. La energía geotérmica ya contribuye de manera apreciable a la balanza energética de algunos países en desarrollo, incluidos Costa Rica, El Salvador, Filipinas, Indonesia, Kenya y Nicaragua. Ampliar su uso podría dar por resultado una importante reducción de las emisiones de CO₂ en comparación con la generación de electricidad alimentada por combustibles fósiles. Sin embargo, los gases nocivos contenidos en los fluidos geotérmicos constituyen un problema ambiental; a veces es posible y económico eliminarlos o reinyectarlos en los pozos perforados. Un importante acontecimiento reciente es el desarrollo de bombas de extracción de calor de la tierra. Estas bombas usan la tierra como fuente térmica para dar calor y como sumidero para refrigeración, según la estación del año. Pueden usarse en cualquier lugar, ya que no dependen de la presencia de aguas o vapores térmicos subterráneos. Se han usado ampliamente en Suiza, Alemania, los Estados Unidos y, más recientemente, en Australia. Esta es una forma eficiente desde el punto de vista energético para la calefacción y refrigeración ambientales, cuyo uso se está extendiendo rápidamente.

35. **Solar.** Todas las tecnologías para la recuperación de la energía solar —fotovoltaicas, energía termoeléctrica solar (STE), y energía solar de baja temperatura— tienen muchas posibilidades. La energía fotovoltaica, en estos momentos la más cara de las tres, se señaló anteriormente con respecto a su uso en zonas rurales aisladas. Su potencial para una mayor aplicación depende del costo, pero cada vez hay más pruebas de que dentro de un decenio podría pasar a competir con la energía distribuida y conectada a redes. Los costos de capital podrían descender en los próximos años de 6.000 dólares a 3.000 dólares por kW, y a ese nivel, sin necesidad de un mejoramiento de la red, podría haber mercados considerables tanto en los países industrializados como en desarrollo donde los sistemas fotovoltaicos conectados a la red podrían hacerse competitivos¹⁸. El uso de la energía termoeléctrica solar también podría ampliarse. Las tecnologías térmicas tienen la ventaja de que pueden integrarse a las centrales alimentadas con combustible fósil y, por consiguiente,

¹⁸ Renewable Energy Consulting Services, *The Present and Future Prospects of PV-Based Network Generation: Can an Assured Large Market Bring PV System Costs Down to 3.000 per Installed Kilowatt?* Evaluación realizada para la Dependencia de Proyectos Ambientales de la Corporación Financiera Internacional (1° de marzo de 1999).

pueden introducirse paulatinamente con bastante flexibilidad. Esta es una opción atractiva para atender las necesidades energéticas cada vez mayores de las poblaciones urbanas de los países en desarrollo. Se pueden utilizar más ampliamente las tecnologías de colectores de energía solar de baja temperatura comprobadas, especialmente para proporcionar agua caliente y calefacción y refrigeración ambientales. Tienen un potencial limitado para cocinar.

36. **Eficiencia energética.** Se suele reconocer que las medidas de eficiencia son la mejor forma de reducir los costos y la contaminación de los sistemas de generación de electricidad existentes. Se puede lograr eficiencia en la **producción** de electricidad, en particular mediante el uso de electricidad y calor combinados (cogeneración), que puede aumentar la eficiencia desde el 30% actualmente típico hasta alrededor del 60%. En el caso de los sistemas de **transmisión y distribución**, se puede lograr mejorándolos y siguiendo regímenes rigurosos de mantenimiento; y en los **usos finales**, mediante la utilización de equipos electrodomésticos eficientes, luminarias, motores, etc. Hay tecnologías comprobadas para todas estas medidas. Las mejoras en la eficiencia suelen ser rentables. La inversión inicial requerida suele tener períodos muy cortos de amortización, a veces de menos de un año. Las medidas de eficiencia de uso final pueden promoverse por conducto de normas legisladas, incentivos y programas de información/clasificación. Se debe encontrar mecanismos para promover las inversiones en la eficiencia energética, prestando especial atención a las naciones en desarrollo. Desde luego, esto no se puede hacer sin primero invertir en la capacitación y en el fomento institucional, para lo cual se requeriría un cambio radical en la práctica del aumento habitual de las emisiones y hacer inversiones para lograrlo.

37. **Propuestas**¹⁹:

a) Los gobiernos deberían promover la introducción de tecnologías energéticas ecológicamente racionales en el mercado eliminando las distorsiones a los precios y los impedimentos reglamentarios, fomentando la competencia y eliminando barreras a la eficiencia energética, a fin de promover la corriente de

¹⁹ Las propuestas del presente documento se basan en informaciones de las academias de ciencias nacionales o consejos de investigación nacionales del Brasil, los Estados Unidos, Francia, Hungría, el Reino Unido y Sudáfrica, entre otras fuentes.

capital hacia una producción y uso energético eficientes e inocuos.

b) Las políticas públicas para la fijación de precios a la energía deberían estipular la inclusión de los costos sociales y ambientales externos de las opciones energéticas en mecanismos convenidos y viables. En términos generales deberían eliminarse los subsidios al uso de combustibles fósiles. Esas medidas son esenciales para que la sostenibilidad la promuevan, como debe ser, las fuerzas del mercado.

c) Los gobiernos y otras entidades pertinentes deberían promover el uso del hidrógeno como combustible, entre otras cosas, por conducto de la investigación, el desarrollo y la determinación de tecnologías destinadas a reducir el costo de producción del hidrógeno a partir de materias primas carbonáceas, facilitando, al mismo tiempo, la recuperación del subproducto CO₂ para su eliminación definitiva. Los círculos científicos y tecnológicos y los gobiernos deberían cooperar al nivel internacional para definir, desarrollar y demostrar los sistemas integrados prometedores para la producción y el uso de hidrógeno, a partir de fuentes fósiles, con retención del CO₂ separado, y a partir de fuentes renovables.

d) Debería investigarse la retención de CO₂, incluidas las normas para la permanencia del almacenamiento de CO₂, teniendo en cuenta el rápido cambio climático, los estudios de los efectos ambientales y sociales y las evaluaciones por regiones de las posibilidades de la retención.

e) Debe redoblarse el apoyo a la investigación, el desarrollo y la demostración que tienen que ver con todas las etapas del ciclo del gas natural: exploración y producción, transporte y distribución, conversión del gas, y generación de electricidad. Esto debería incluir que se trabaje en la tecnología de exploración para formas de gas no convencionales como los hidratos; el desarrollo de la tecnología del gas natural licuado; el desarrollo de las instalaciones de producción de H₂ para aplicaciones de las pilas de combustible, y captación del CO₂ en la reducción de la energía.

f) Debería promoverse la investigación internacional centrada en tecnologías avanzadas para mejorar el costo, la seguridad, la ordenación de los desechos y la resistencia a la proliferación de los sistemas energéticos de fisión nuclear, y sobre la eliminación geológica del combustible nuclear irradiado y de los desechos de actividad alta y sus efectos ambientales a largo

plazo, incluidos estudios de las instalaciones internacionales de almacenamiento provisional.

g) Los gobiernos y los organismos de financiación de investigaciones deberían colaborar con asociados pertinentes en lo que respecta a las medidas encaminadas a acelerar el despliegue de tecnologías renovables e intermitentes conectadas a redes (eólica, fotovoltaica, termoeléctrica solar) y sus híbridos con la biomasa y la energía fósil.

h) Los gobiernos y otros organismos de financiación de las investigaciones deberían apoyar la investigación encaminada a una producción, transmisión y uso final de electricidad más eficientes. Debería hacerse hincapié en la investigación de equipos electrodomésticos más eficientes, luminarias, motores y tecnologías de cogeneración, especialmente con respecto a su uso en los países en desarrollo. También deberían estudiarse los sistemas de incentivos para promover la adopción de esas tecnologías.

Tema 3. Creación de alianzas entre el sector público y el privado para la obtención de fuentes de energía sostenibles para el transporte

38. **Problema.** Los vehículos automotores contribuyen de manera considerable al aumento de las emisiones de CO₂ en el mundo entero. También son las fuentes principales de los óxidos de nitrógeno, que son los precursores de la bruma industrial y que, junto con las emisiones de partículas pequeñas y de plomo, contribuyen en gran medida a provocar efectos negativos para la salud. Los vehículos que utilizan gasóleo, en particular camiones y autobuses, son importantes fuentes de contaminación, en especial por partículas pequeñas. En los países en desarrollo, los vehículos de dos y de tres ruedas que utilizan tecnologías anticuadas constituyen las principales fuentes de contaminación. Se están difundiendo cada vez más algunas pautas de utilización de vehículos que anteriormente predominaban en los países de la OCDE: en 1995 se vendieron más automóviles nuevos en Asia que en Europa occidental y América del Norte en conjunto; en Rusia, China y otros países está aumentando rápidamente el número de vehículos registrados. Los grandes vehículos de pasajeros plantean problemas particulares debido a que son ineficientes en el consumo de combustible; en los Estados Unidos los vehículos utilitarios deportivos han sido

clasificados como camiones, por lo cual se los exige del cumplimiento de normas más estrictas sobre eficiencia en el consumo de combustible. La aviación también contribuye apreciablemente a las emisiones de gases termoactivos²⁰ y se prevé que habrá un rápido aumento de las emisiones procedentes de los aviones. Si los gobiernos, las empresas industriales y los científicos no realizan un esfuerzo concertado, es decir, si se sigue en una actitud inmovilista, el problema será cada vez más grave.

39. **Soluciones.** Para el transporte como para otros sectores, el objetivo a largo plazo debe ser lograr que las emisiones de contaminantes atmosféricos y de gases de efecto invernadero sean casi nulas (WEA, pág. 274). En los dos últimos decenios se han realizado grandes adelantos en los países industrializados en la reducción de las emisiones de contaminantes en los vehículos (por ejemplo, de NO_x, SO_x, plomo, partículas) pero se ha avanzado poco o nada en lo que respecta a las emisiones de gases termoactivos. Para lograr este último objetivo será necesario desarrollar y utilizar en forma amplia (un proceso lento) fuentes de energía para vehículos más eficientes y menos contaminantes. Hasta el momento los vehículos eléctricos sólo han dado resultados modestos; es preciso seguir realizando investigaciones en el ámbito de los acumuladores. La utilización de combustibles oxigenados o alcoholes en los motores de combustión interna ha arrojado algunos resultados positivos para el medio ambiente y ha tenido otras ventajas, como la creación de puestos de trabajo y el ahorro de divisas. Los combustibles derivados del gas sintético pueden ser también fuentes de energía no contaminantes para los motores de combustión interna, por ejemplo, las fracciones destiladas intermedias sintéticas y el éter dimetílico. Las estrategias basadas en esos combustibles tienen la ventaja de que durante decenios la forma más económica de producir hidrógeno será probablemente a partir del gas de síntesis, por lo cual esas estrategias contribuirían a allanar el camino para el establecimiento de un sistema económico basado en la energía proporcionada por el hidrógeno.

40. Las soluciones más adecuadas consistirán en la utilización de fuentes de energía menos contaminantes en los propios vehículos, derivadas de una fuente primaria de energía menos contaminante. En varios países se está iniciando la conversión de los autobuses y los

vehículos comerciales para que puedan utilizar gas natural comprimido y pilas de combustible. En lo inmediato el sistema que ofrece más posibilidades para los automóviles consiste en la utilización de motores de propulsión mixta que funcionen por combustión interna y con energía eléctrica. Los vehículos que funcionan con pilas de combustible se encuentran en la etapa de desarrollo para su utilización comercial y tal vez pronto constituyan una opción atractiva. En ambos casos, también es preciso prestar atención a la producción no contaminante (por ejemplo, mediante la utilización de fuentes de energía renovables o combustibles fósiles con retención del carbono) de electricidad o de la fuente interna de hidrógeno (hidrógeno, gasolina, metanol o hidruro) que se utilice. Las opciones a corto y largo plazo para la selección de un vehículo impulsado por pilas de combustible están vinculadas. La utilización de gasolina como fuente de hidrógeno, al menos durante un período provisional, facilitaría la realización de los cambios de infraestructura que serían necesarios. La adopción de una estrategia basada en la utilización de gas de síntesis podría llevar a la utilización del metanol como fuente, puesto que el procesamiento del metanol en los propios automóviles es más sencillo que el de la gasolina. Tanto con la gasolina como con el metanol, los vehículos con pilas de combustible tendrían importantes ventajas respecto de los motores de combustión interna en cuanto a la eficiencia y las emisiones.

41. La fabricación de motores más eficientes y la utilización de nuevos materiales livianos y diseños aerodinámicos ofrecen mayores posibilidades de reducir las emisiones de los vehículos. Se están concibiendo materiales que trabajan a altas temperaturas y permiten que los sistemas de suministro de energía conviertan más energía en movimiento. Entre las novedades en tal sentido cabe señalar los materiales que se controlan y reparan por sí mismos, los materiales inteligentes, los materiales biodegradables, las aleaciones y los plásticos de alta resistencia y los nuevos semiconductores.

42. Existen grandes posibilidades para el establecimiento de alianzas entre el sector público y el privado con el fin de desarrollar y promover la utilización de vehículos y combustibles menos contaminantes²¹. En

²⁰ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *La aviación y la atmósfera global*, <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/index.htm>.

²¹ Comité de Asesores del Presidente en materia de ciencia y tecnología, *Powerful Partnerships: A report from the panel on international cooperation in energy research, development, demonstration and deployment*, Washington, D. C. 1999.

los Estados Unidos, en Europa y en el Japón hay ejemplos positivos de ese tipo de alianzas. La Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV) de los Estados Unidos está integrada por tres importantes fabricantes de automóviles que cooperan con el Gobierno en el desarrollo de tecnologías para una nueva generación de vehículos cuya eficiencia en el uso de combustible es hasta tres veces superior a la de los automóviles medianos familiares de 1994, sin que por ello haya una merma en su rendimiento, costo, condiciones de seguridad o emisiones. Los tres asociados han producido “vehículos modelo” que funcionan con sistemas de propulsión eléctricos e híbridos que utilizan motores de encendido por compresión e inyección directa. Un aspecto interesante del programa es que prevé la revisión independiente y sobre bases científicas de los adelantos realizados hacia el logro de ese objetivo²². El Departamento de Energía de los Estados Unidos y los fabricantes de acumuladores también han colaborado para crear sistemas avanzados de almacenamiento de electricidad por conducto del Advanced Battery Consortium (ABC). En Europa, la Comisión de las Comunidades Europeas ha cooperado con los fabricantes de automóviles y las refinerías de petróleo en la determinación de los medios más eficaces en relación con los costos para que ambas industrias compartan los costos y las responsabilidades en el cumplimiento de los objetivos relacionados con las emisiones. Este programa es otro enfoque interesante de las actividades de adopción de políticas bien fundadas y ha permitido realizar importantes reducciones en las emisiones del transporte por carretera. No obstante, en el programa no se ha abordado en forma directa el problema que plantean los gases termoactivos. En el Japón, Honda y Toyota, con la asistencia del Gobierno, han fabricado vehículos comerciales híbridos que funcionan con electricidad y gasolina, y cuya eficiencia en la utilización del combustible es mucho mayor. En el marco de algunos de esos programas se están realizando también actividades conjuntas de investigación y desarrollo en relación con los vehículos impulsados por hidrógeno y pilas de combustible. En Francia se ha creado una red de investigación patrocinada por el Gobierno, que actualmente abarca 56 actividades de investigación, destinada a promover la cooperación entre los órganos de investigación públicos y privados en la labor relacionada con

las pilas de combustible. En el Brasil, el Gobierno desarrolló en forma conjunta con los productores de combustible y los fabricantes de vehículos un programa amplio para la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, utilizando el bagazo como combustible para las refinerías; además, se han fabricado vehículos que utilizan etanol y se han convertido los existentes para ese fin. El programa contribuyó a reducir a la mitad la utilización e importación de gasolina, con lo cual hubo un mejoramiento notable en las emisiones de los vehículos. En Taiwán (China), donde aproximadamente las tres cuartas partes de los vehículos de motor tienen dos ruedas y producen el 35% del monóxido de carbono y el 18% del total de las emisiones de hidrocarburos, el Gobierno ha cooperado con los fabricantes de motocicletas y los proveedores de piezas en la fabricación y puesta en el mercado de motonetas eléctricas.

43. **Propuestas:**

a) Los gobiernos deberían colaborar con los fabricantes de vehículos y con las industrias de la energía así como con los científicos e ingenieros a fin de establecer alianzas para la investigación, el desarrollo y la demostración de fuentes de energía para el transporte de bajo costo, eficientes y no contaminantes. Las actividades de investigación, desarrollo y demostración son necesarias para la fabricación de vehículos y la elaboración de combustibles alternativos mencionados anteriormente (aparte de la eliminación del plomo). Se debería trabajar no sólo en la fabricación de automóviles sino también de sistemas de pila de combustible para vehículos de dos y tres ruedas, así como camiones y autobuses, ya que éstos son importantes fuentes de contaminación y de gases termoactivos en los países en desarrollo. Debería eliminarse el plomo de la gasolina y se debería exigir la instalación de convertidores catalíticos en todos los vehículos en que sea conveniente.

b) En las actividades de investigación y desarrollo debería darse prioridad al perfeccionamiento y la reducción de los costos de los vehículos híbridos que funcionan con electricidad y gasolina con sistemas de frenado regenerativo y la utilización de materiales de construcción plásticos resistentes y livianos, con diseños aerodinámicos, así como a la producción de combustibles de hidrógeno, de preferencia a partir de recursos renovables, y pilas de combustible para automotores que produzcan un mínimo de contaminación. Asimismo deberían perfeccionarse los métodos de producción del etanol como combustible a partir de la biomasa celulósica.

²² Consejo Nacional de Investigaciones, *Review of the Research Program of the Partnership for a New Generation of Vehicles: Sixth Report*, Washington, D.C., 2000.

c) Las organizaciones intergubernamentales, con el apoyo y la participación de todos los asociados pertinentes, deberían encomendar la realización de un estudio de evaluación integral de la utilización de los biocombustibles para el transporte, teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales de la cuestión.

d) Las estrategias para la reducción de las emisiones de gases termoactivos procedentes de los vehículos de transporte deberían basarse en el análisis integral del ciclo de combustible y los científicos e ingenieros deberían dar prioridad al desarrollo y la aplicación de metodologías para el análisis del ciclo vital en que se incorporen los costos y beneficios derivados de los factores ecológicos externos²³.

e) Una de las esferas prioritarias de las actividades de investigación y desarrollo ha de ser la creación de modalidades convenientes, económicas y seguras de almacenar hidrógeno en los vehículos de motor, por ejemplo, en fibras nanométricas de carbono.

Tema 4. Planificación del transporte sostenible: posibilidades y modelos para el diseño de asentamientos humanos y vehículos

44. **Problema.** La mayoría de las personas, principalmente los habitantes de los países desarrollados, consideran la movilidad como una libertad fundamental. No obstante, esta libertad se enfrenta cada vez más con la sostenibilidad. Los medios de transporte consumen ingentes cantidades de energía y tienen serias consecuencias para el medio ambiente; aun así, la vida moderna depende de sistemas de transporte modernos. El aparente conflicto entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente domina el análisis de los problemas del transporte, aunque la adopción de políticas apropiadas y soluciones tecnológicas pueden contribuir a mitigar el problema.

45. Los medios de transporte no sólo contribuyen en gran medida a la producción de gases termoactivos y provocan otros problemas de contaminación debido al uso de vehículos que utilizan fuentes de energía poco aptas para la conservación del medio ambiente, según

se señaló anteriormente, sino que también plantean otros problemas de sostenibilidad, ya que la demanda de servicios de transporte va en aumento en todas partes, en tanto los modelos tradicionales de transporte, que consisten principalmente en el empleo de vehículos automotores privados, no pueden seguir utilizándose en forma indefinida. Además de los problemas de la calidad de la atmósfera, la congestión resultante entraña una mayor pérdida de tiempo y el costo correspondiente, con el efecto contraproducente de reducir la tan deseada movilidad. El transporte público en los países en desarrollo suele ser lento, estar abarrotado de gente y su mantenimiento y condiciones de seguridad son a menudo deficientes. También suele ser inadecuado en los países industrializados. A menudo, las comunidades se desarrollan sin una planificación apropiada del transporte ni de la utilización de la tierra. La expansión urbana o suburbana descontrolada exige una mayor movilidad y, en particular, la mayor utilización de vehículos privados de lo que sería necesario en otras circunstancias. A menudo, las conexiones intermodales no existen o resultan insuficientes.

46. El problema se ha visto agravado por la tendencia de la mayoría de los gobiernos a fomentar el transporte por carretera y el uso de vehículos particulares en vez del transporte por ferrocarril y otras modalidades de transporte colectivo. Esto se ha logrado muchas veces limitando el costo para el usuario (al menos el costo aparente) y trasladando el costo real al público en general mediante regímenes impositivos y subsidios. No sólo la comunidad sufraga la mayor parte de los gastos de infraestructura, sino que el usuario por lo general sufraga apenas una parte de los gastos de utilización y mantenimiento; el grado de participación en los gastos difiere mucho entre las diversas modalidades de transporte. Pocas veces se tienen debidamente en cuenta los factores ecológicos externos.

47. **Soluciones.** Son necesarias dos maneras complementarias de abordar estos problemas. Una consiste en adoptar estilos de vida y modalidades de utilización de la tierra que hagan menos necesaria la utilización de transporte motorizado. Entre los posibles enfoques cabe citar la planificación integrada del uso de la tierra y del transporte, estudiando la posibilidad de fomentar un desarrollo urbano más denso; la ordenación de la demanda de viajes y las estrategias de reducción de la demanda, como la eliminación del estacionamiento gratuito, los subsidios al empleo del transporte colectivo y la utilización en común de automóviles y

²³ The Institution of Engineers, Australia, *Sustainable Transport: Responding to the Challenges* (1999), pág. 13.

furgonetas, y los programas de comunicación, educación e incentivos destinados a modificar el comportamiento del público en lo que respecta al transporte a fin de lograr la sostenibilidad²⁴.

48. La segunda manera consiste en utilizar políticas apropiadas y tecnología moderna a fin de conciliar la demanda de un transporte accesible con el objetivo de la sostenibilidad. Aquí hay que hacer hincapié en fomentar la distribución de la demanda de transporte entre diversas modalidades y entre sistemas individuales y colectivos. Se debería dar prioridad a los sistemas de transporte colectivo respecto de la utilización individual de automóviles, por ejemplo, mediante la aplicación de medidas económicas, como regímenes impositivos especiales para el combustible y los vehículos. Los avances tecnológicos, como los sistemas de transporte inteligentes, pueden utilizarse para implantar y administrar sistemas de peaje en las carreteras; el desarrollo de sistemas nacionales de información sobre transporte para las diversas modalidades puede contribuir al mejoramiento de la planificación del transporte intermodal. Los ejemplos más positivos de sistemas de transporte público —como los de Hong Kong (China), Curitiba (Brasil) y Portland, Oregón (Estados Unidos de América)— pueden servir de modelo para otras ciudades. También puede valer la pena estudiar más detenidamente los sistemas innovadores de uso compartido de automóviles, como Stattauto Berlin y European CarSharing²⁵. Puede reducirse la necesidad de transporte de mercancías a granel mediante la utilización de tuberías subterráneas y otros sistemas logísticos.

49. Propuestas:

a) Los encargados de formular políticas públicas en todos los niveles así como los científicos e ingenieros deberían adoptar un enfoque triple que fomente estilos de vida y modalidades de utilización de la tierra sostenibles, utilizando a la vez tecnologías apropiadas para crear sistemas sostenibles de transporte. Ello podría contribuir a la mayor seguridad para la circulación a pie a toda hora del día o de la noche; a fomentar el uso de bicicletas como alternativa segura para el transporte público, a que el transporte por autobús resulte competitivo respecto del transporte por automóvil; a aumentar al máximo la utilización del ferrocarril tanto para el transporte de mercancías como de pasajeros; a desarrollar plenamente las posibilidades de utilización

de tuberías seguras y ecológicamente racionales; a reducir el costo ambiental del transporte aéreo; a fomentar el uso del transporte marítimo; a prestar asistencia para la movilidad de los jóvenes, los ancianos y los impedidos.

b) La planificación del transporte ha de integrarse en la planificación general e interdisciplinaria de los asentamientos humanos. En este proceso se ha de aprovechar plenamente la participación interdisciplinaria de especialistas en ciencias naturales y en ciencias sociales e ingenieros de todas las especialidades pertinentes.

c) Los organismos de financiación públicos y privados han de promover la realización de investigaciones sobre la conducta y las motivaciones de los usuarios de los servicios de transporte a fin de determinar, por ejemplo, qué ha llevado a la utilización desmedida de vehículos contaminantes y qué hace falta para inducir al uso del transporte colectivo o a compartir un automóvil. También se ha de prestar apoyo a la investigación sobre los aspectos institucionales del transporte sostenible.

* * *

Numerosos científicos e instituciones científicas han realizado aportes a este breve examen de las cuestiones del desarrollo sostenible vinculadas a la energía y el transporte. El carácter más bien homogéneo del trabajo no refleja el grado de independencia y la diversidad de la comunidad científica, cuya riqueza constituye una de sus ventajas más destacadas.

Es importante reconocer que las tendencias señaladas en el presente trabajo respecto de la energía y el transporte avanzan en realidad en el sentido opuesto a nuestras recomendaciones. Las inversiones oficiales en materia de desarrollo de fuentes de energía están disminuyendo en forma drástica. Las inversiones oficiales en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías energéticas ha disminuido. Las actividades de investigación y desarrollo en colaboración con los países en desarrollo casi no existen. No se presta el apoyo suficiente a la creación de instituciones y a otras actividades fundamentales para el fomento de la capacidad en materia de energía y transporte, en particular en los países en desarrollo y con economía en transición. Es preciso revertir estas tendencias y para ello creemos que la comunidad científica puede realizar un aporte considerable a ese proceso.

²⁴ The Institution of Engineers, Australia, op. cit.

²⁵ <http://www.stattauto.de/ECS.html>.

La ciencia es fundamental para la buena gestión de los asuntos públicos, en todos los niveles y en todas las regiones. La participación de la comunidad científica internacional en el proceso de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible es un indicio de su disposición a hacer un aporte activo a la determinación y aplicación de soluciones apropiadas para el desarrollo sostenible, en cooperación con gobiernos, organizaciones internacionales y otros grupos principales, así como con la sociedad en general.
