APROVECHAMIENTO DE LAS OPCIONES
ENERGÍA, TECNOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

POR HANS-HOLGER ROGNER, LUCILLE LANGLOIS
Y ALAN MCDONALD

El mejoramiento del bienestar socioeconómico --especialmente de los pobres del mundo-- es un factor vital del desarrollo sostenible, y un aspecto considerado de máxima prioridad en la definición original de desarrollo sostenible, hecha en 1987 para el Informe Brundtland presentado a las Naciones Unidas. Dicho informe allanó el camino para el Programa 21, documento aprobado en 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, o Cumbre de la Tierra.

En el Informe Brundtland figura la definición siguiente: *"El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. El Informe contiene dos conceptos clave:*

- *el concepto de 'necesidades', especialmente las necesidades esenciales de los pobres del mundo, a las que debe asignarse prioridad máxima; y*
- *la idea de las limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social a la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras."*

Esos dos conceptos siguen sirviendo de guía para los debates sobre cómo alcanzar el desarrollo sostenible. Muchas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales internacionales, como la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CSD) y el Consejo Mundial de Energía (CME), les otorgan la misma importancia: reconocen la trascendencia de que los dos mil millones de pobres del mundo --que constituyen la tercera parte de la población mundial y viven mayormente en los países en desarrollo-- no tengan acceso a servicios energéticos y de transporte modernos y asequibles. Asimismo, reconocen que para facilitar a estos dos mil millones de personas el acceso a esos servicios básicos de una manera que no exceda la capacidad máxima admisible del medio ambiente natural, será necesario realizar cambios sin precedente en la tecnología, los estilos de vida y la organización social.

En abril de 2001, en el noveno período de sesiones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CSD-9) --el primer período de sesiones de la CSD dedicado a la energía-- se observó concretamente que "la energía es vital para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible".

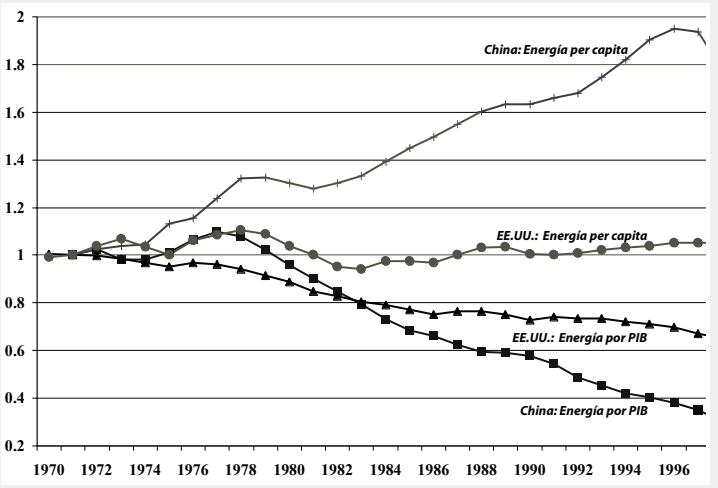
¿CUÁNTA ENERGÍA SE NECESITA?

¿Cuánto tendría que crecer el futuro consumo mundial de energía en escenarios de desarrollo sostenible plausibles? La evaluación energética mundial --preparada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas y el CME como contribución a la CSD-9 --cita escenarios previstos por el CME y el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA). Esos escenarios indican que, para el año 2050, el crecimiento del consumo de energía podrá ser del 60% al 180%, compatible con la sostenibilidad. Incluso en los límites mínimos de esas escalas, en los escenarios en que el consumo *per capita* y el consumo absoluto de energía disminuyen en los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), el consumo mundial de la energía aumenta considerablemente. En cualquier caso, el desarrollo económico --requisito primordial para el desarrollo sostenible-- requerirá mucha más energía que la utilizada hoy, especialmente para los pobres.

Consumo más eficiente de energía. Afortunadamente, y gracias a la tecnología, el incremento de la oferta y del consumo de energía en el futuro podrá ser mucho menos contaminante y más eficiente que hasta ahora. Si bien los principales avances registrados en las geociencias, la prospección, la perforación y las tecnologías de enriquecimiento (de fuentes energéticas de menor calidad) amplían continuamente la base de recursos, la innovación y el cambio tecnológico aumentan el

El Sr. Rogner es Jefe de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nuclear del OIEA. La Sra. Langlois y el Sr. McDonald son funcionarios de esa Sección. Para obtener referencias completas sobre este artículo, sírvanse dirigirse a los autores.

NIVELES DE INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CONSUMO PER CAPITA DE ENERGÍA EN CHINA Y EE.UU., 1971-1998



Fuentes: Adaptación de Balances energéticos de los países de la OCDE, de la Agencia Internacional de Energía; y los Indicadores del desarrollo mundial (2001), del Banco Mundial.

rendimiento de las tecnologías e infraestructuras para la conversión y el uso final de la energía.

En los Estados Unidos y China, se han alcanzado recientemente mejoras de la intensidad energética, es decir, la cantidad de energía necesaria para producir una unidad del producto interno bruto (PIB). *(Véase el gráfico de esta página.)* La intensidad energética es un indicador agregado de la eficiencia y eficacia totales de la producción y el consumo de energía, así como de los cambios estructurales que sustituyen procesos y subsectores industriales con grandes consumos de energía por otros más ahorrativos.

Desde 1970, la intensidad energética en los Estados Unidos ha descendido en 32%, lo que representa una mejora del 1,4% anual. Esa cifra indica que los avances fueron más acelerados durante las crisis petroleras del decenio de 1970 y principios del de 1980 que en años más recientes; pero incluso los datos a largo plazo de ese país indican una mejora media de alrededor del 1% anual. Los actuales índices de intensidad energética de Europa occidental y Japón son incluso inferiores al de los Estados Unidos, y no existen motivos para esperar que las tendencias históricas a reducir cada vez más la intensidad energética se detengan o se inviertan repentinamente. Los escenarios de IIASA-CME citados en la evaluación energética mundial suponen mejoras mundiales medias a largo plazo del 1% al 1,4% anual.

Oportunidades en los países en desarrollo. Las oportunidades de mejorar son incluso mayores en los países en desarrollo que en los industrializados, como indican las cifras de China. En ese país, los índices de intensidad han disminuido a un sorprendente ritmo anual del 4 %. Existen varias razones para ello.

En primer lugar, los índices de intensidad energética totales de los países en desarrollo, tomando en consideración el consumo comercial y el no comercial de energía (por ejemplo, residuos agrícolas o leña), disminuyen con el desarrollo, al igual que sucede en los países industrializados. Las estadísticas que se limitan al consumo comercial de energía pueden crear confusión sobre el tema, ya que generalmente muestran un aumento inicial de la intensidad energética con el desarrollo. Ello se debe a que al dejar de cocinar con combustibles no comerciales, para utilizar por ejemplo, fuentes energéticas comerciales como la electricidad o el gas de petróleo licuado, una parte del consumo de energía de la categoría no comercial pasa a la comercial. Si el resto de los factores permanecen invariables, la intensidad de la energía comercial aumenta. No obstante, en realidad, la intensidad energética total disminuiría, ya que es más eficiente cocinar con electricidad o gas de petróleo licuado que con leña.

Es posible que se produzcan efectos aún mayores a medida que los procesos de producción industriales tradicionales sean sustituidos por otros más eficientes. Como los índices de intensidad energética totales de los países en desarrollo, y de los países con economías en transición, por lo general son mayores que los de los países de la OCDE, también son mayores las oportunidades de lograr una disminución.

En segundo lugar, las oportunidades de disminución son mayores sencillamente porque los países en desarrollo pueden utilizar hoy tecnologías mejores que las que estaban al alcance de los actuales países industrializados cuando estos estaban en etapas de desarrollo comparables.

Los países en desarrollo no tienen que seguir, y no han seguido, el mismo camino recorrido por sus predecesores. Los datos sobre los índices de intensidad energética comercial demuestran que los países que se desarrollan más tardíamente tienen niveles máximos de intensidad energética comercial menores, y que los alcanzan en una etapa de desarrollo más temprana. Los avances tecnológicos crean oportunidades que permiten hacer progresos tecnológicos e institucionales sucesivos. Los datos demuestran que los países y los

inversionistas de esos países aprovechan, al menos, algunas de esas oportunidades. Sin dudas, es posible hacer más.

Como ya se señaló, las necesidades energéticas globales proyectadas deben seguir aumentando considerablemente, incluso con permanentes mejoras de la intensidad energética y en escenarios considerados compatibles con el desarrollo sostenible. Ello se debe a las grandes necesidades de desarrollo de enormes cantidades de personas que ya son pobres, y de las que nacerán pobres en los próximos años. Sin embargo, hay una buena noticia: gracias a la tecnología, el necesario aumento del consumo energético será relativamente menor, más barato y más eficiente de lo que habría sido hace un siglo, o medio siglo.

No obstante, en el capítulo 9.9 del Programa 21 se afirma que: "la mayor parte de la energía del mundo... se produce y consume en formas que no podrían perdurar si la tecnología permaneciera constante o si las magnitudes globales aumentaran notablemente".

¿CUÁNTA CONTAMINACIÓN?

De no cambiar lo demás, los grandes aumentos del consumo de energía significan grandes aumentos de la contaminación. Afortunadamente, en el sistema energético como en otras esferas, lo demás nunca es igual. Una de las razones es el hecho evidente de que mientras mejor sea la situación económica de un individuo, más limpia será su mezcla de fuentes energéticas.

No es de extrañar que así sea. Al tener mayores ingresos y menos necesidad de concentrarse en su subsistencia, un individuo puede comenzar a invertir para satisfacer otras necesidades y deseos, incluido un medio ambiente más limpio y más saludable. Eso sigue siendo válido para los países industrializados y los países en desarrollo donde ocurrirán todos los grandes aumentos futuros del consumo de energía. Por ejemplo, un estudio sobre el uso de la energía en Brasil demostró que la leña, altamente contaminante, representa casi la totalidad del consumo energético de los pobres. Por otra parte, las personas con mejor situación económica, sustituyen siempre la leña por combustibles menos contaminantes: electricidad, gas y otros combustibles líquidos.

Otra razón es que el desarrollo cambia tanto el tipo como la distribución de la contaminación ambiental, por ejemplo, se pasa de la contaminación atmosférica local a la acidificación regional y a concentraciones más elevadas de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El desarrollo también es industrialización y urbanización, las que tienden a aumentar la contaminación, al menos, en las ciudades y sus alrededores.

Los estudios indican que los países muy pobres suelen tener altos niveles de contaminación doméstica, por ejemplo, debido a que cocinan con leña. Los niveles de contaminación doméstica disminuyen con el desarrollo, pero la industrialización y la urbanización hacen que la contaminación en las ciudades comience a aumentar (por ejemplo, debido a la generación de electricidad y al transporte). Con el tiempo, en etapas de desarrollo posteriores, la contaminación atmosférica urbana alcanza un nivel sin precedente y comienza a descender al ser posible costear las actividades de protección del medio ambiente.

En el siglo que tenemos por delante, en los países en desarrollo de hoy, es probable que esos niveles de contaminación atmosférica urbana y de acidificación regional sin precedentes se alcancen antes y que sean inferiores a los registrados en los países industrializados de hoy con las tecnologías antiguas.

Los países en desarrollo de hoy, sencillamente, tienen oportunidades que no se tenían hace 20 años, y a un costo mucho menor que, incluso, 10 años atrás. Sin duda, no las tuvo uno de los países más industrializados durante la mortal niebla tóxica de Londres, en 1953. Muchos de los actuales países en desarrollo ya aprovechan bien las oportunidades de reducir el dióxido de azufre. *(Véanse los gráficos de la página 38.)*

Por último, la reducción de la contaminación repercute positivamente en el desarrollo económico (al reducir las enfermedades y los costos de la atención de la salud, o los daños a las infraestructuras). Si la contaminación se reduce en las primeras etapas del desarrollo, los efectos económicos positivos conexos pueden adelantarse, acelerando así el desarrollo.

CALENTAMIENTO DE LA ATMÓSFERA

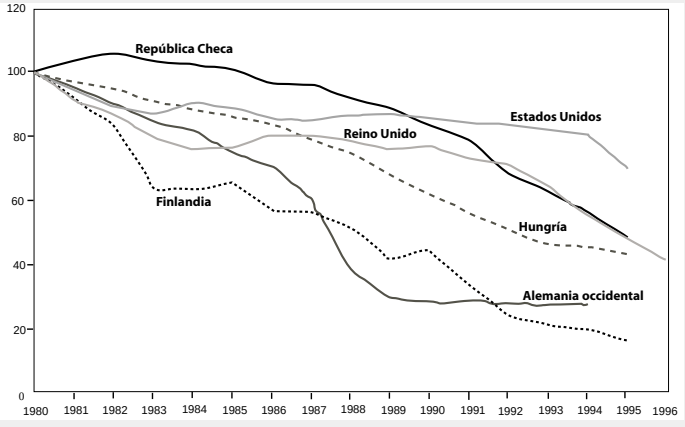
Los estudios han demostrado que las emisiones de gases de efecto invernadero aumentan de manera constante con el incremento de la riqueza, incluso aunque disminuyan los niveles de contaminación atmosférica.

Al parecer, estamos sencillamente cambiando una forma de contaminación por otra, con consecuencias potencialmente trascendentales. No obstante, las tendencias indican el posible efecto de las innovaciones y del avance tecnológico en el control de la contaminación. Cuando una forma de contaminación deja de ser

EMISIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE

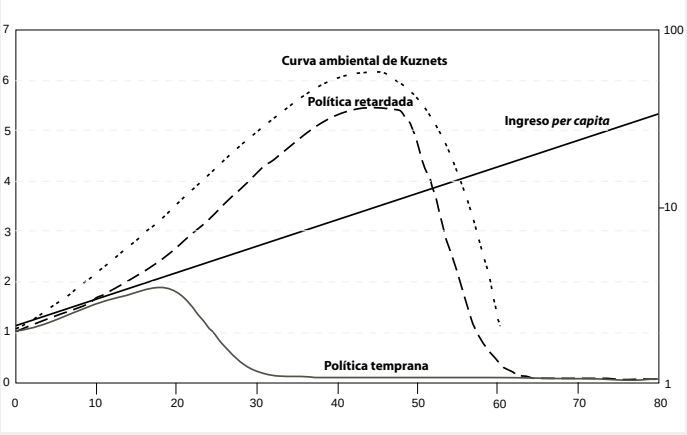
En el primer gráfico, se muestran las tendencias generales observadas en las emisiones de SO_2 en los Estados Unidos y en países europeos seleccionados. En el segundo, aparecen las proyecciones de las emisiones, de SO_2 en Asia. En ese gráfico, la línea discontinua es el aumento de las emisiones, si Asia comenzara a reducirlas cuando su ingreso *per capita* llegue al nivel a que los actuales países industrializados (los incluidos en el primer gráfico) comenzaron a reducir sus emisiones de SO_2. La línea continua corresponde a la "Política temprana" y muestra emisiones mucho menores, si Asia aprovechara hoy las tecnologías de avanzada que no existían cuando los países industrializados del primer gráfico comenzaron a reducir sus emisiones. Muchos de los países hoy en desarrollo ya aprovechan satisfactoriamente esas oportunidades de reducción.

TENDENCIAS EN LAS EMISIONES DE SO_2 EN PAÍSES INDUSTRIALIZADOS SELECCIONADOS



Fuente: World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability, PNUD, DAES de las Naciones Unidas y CME, Nueva York (2000).

EFECTOS SIMULADOS DE LAS POLÍTICAS AMBIENTALES TEMPRANAS Y TARDÍAS EN LAS EMISIONES DE SO_2 EN ASIA



Fuente: Summers, R. y A. Heston, 1991. "The Penn World Table (Mark 5): An Expanded Data Set of International Comparisons, 1950-1988", Quarterly Journal of Economics 56:327-69.

aceptable, se diseñan métodos para restringir las emisiones, lo que no impide que surjan nuevas formas de contaminación, ni que las antiguas, a su vez, se tornen inaceptables, pero sí apunta a la posibilidad permanente de mejorar el medio ambiente en el contexto de un mayor consumo de energía.

En el siglo XXI, habrá muchas más modalidades de suministro de servicios energéticos que en el siglo XX. *(Véase el cuadro.)* El costo de varias tecnologías de generación de electricidad ha disminuido recientemente, y es lógico esperar nuevas reducciones en el futuro. La historia del desarrollo tecnológico alcanzado hasta la fecha justifica indudablemente el optimismo en ese sentido.

Extrapolar las tendencias que se observan en materia de contaminación, basándose en que se mantendrán los precios, los modelos de consumo y las tecnologías actuales, sin tener suficientemente en cuenta los conocimientos tecnológicos, crearía una impresión errónea de las condiciones ambientales del siglo XXI. Además, no constituiría una base realista para la adopción de futuras decisiones sobre inversiones en tecnología e infraestructura energéticas.

¿QUÉ RECURSOS Y QUÉ TECNOLOGÍAS?

Los recursos naturales son esenciales para el desarrollo sostenible, mientras que el desarrollo sostenible en sí significa evitar la pérdida indebida de las ventajas y los recursos ambientales de que dispondrán las generaciones futuras.

No obstante, los recursos son reconocidos como bienes valiosos sólo cuando se les necesita, lo que también supone la existencia o el desarrollo de

COMPARACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON TECNOLOGÍAS QUE NO UTILIZAN COMBUSTIBLES FÓSILES Y EMITEN POCO CARBONO

Tecnología	**Costo medio actual** (en centavos de $EE.UU. por kWh)	**Costo medio futuro** (en centavos de $EE.UU. por kWh)	Observaciones
Eólica	5 - 13	3 - 8 3 – 8	Los costos disminuyeron en seis veces entre 1985 y 2000. Los costos corresponden a lugares con condiciones de viento buenas y excelentes.
Biomasa	5 – 15		Las centrales de ciclo de vapor de 25 MW en Brasil disminuyeron en un factor de tres desde el decenio de 1980.
Sistemas fotovoltaicos			Según costos de $5-10/vatio pico. Los costos han disminuido en 50 veces desde 1975, en cinco veces desde 1980 y el doble desde 1990. Las aplicaciones de sistemas no conectados a la red e independientes añaden otros $8-40/vatio pico por costos de almacenamiento.
Insolación, 2500 kWh/m^2	20 - 40		
Insolación, 1500 kWh/m^2	35 - 70		
Insolación, 1000 kWh/m^2	50 - 100		
Térmica solar	10 - 18		Colector parabólico ubicado sólo en zonas de fuerte insolación. La generación más reciente es de 1990 aproximadamente.
Geotérmica	3 – 10		Los costos varían mucho según el lugar.
Planta de ciclo combinado alimentada con gas		3 ±15%	No reduce la emisión de carbono.
costo del combustible $2/GJ	3 ± 20%	4 - 5	Incluye la eliminación y disposición final del carbono.
		5 ± 8%	No reduce la emisión de carbono.
costo del combustible $5/GJ	5 ± 10%	7 - 8	Incluye la eliminación y disposición final del carbono.
Ciclo combinado de gasificación integrada		3 - 5	No reduce la emisión de carbono.
costo del combustible $1/GJ	4 - 5	5 - 7	Incluye la eliminación y disposición final del carbono.
		5 – 7	No reduce la emisión de carbono.
costo del combustible $3/GJ	5 - 8	7 - 9	Incluye la eliminación y disposición final del carbono.
Energía nucleoeléctrica	4 - 8	2 - 5	La escala de costos futuros abarca las mejoras evolutivas en el diseño y nuevos diseños innovadores.
Suministro en la red			
Horas de menor consumo	2 - 3		Depende del período de máximo consumo.
Horas de máximo consumo	15 - 25		
Promedio en zonas urbanas	8 - 10		
Promedio en zonas rurales	15 hasta > 70		Zonas rurales de países en desarrollo.

Nota: Todas las cifras se han redondeado y se basan en tasas de descuento del 10%.

Fuentes: World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (DESA) y Consejo Mundial de Energía (CME), Nueva York, 2000. IPCC, 2001: Climate Change 2001: Mitigation. Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre Cambios Climáticos, Grupo de Trabajo III, Capítulo 3. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

tecnologías para explotarlos y utilizarlos en la producción de bienes y servicios con valor socioeconómico. Por tanto, los recursos cambian dinámicamente debido a estilos de vida deseados y a la tecnología disponible.

El concepto conocido como "gran sostenibilidad" reconoce que algunas pérdidas ambientales pueden ser permanentes, que los recursos de energía fósil son finitos y que los potenciales efectos del cambio climático pueden ser irreversibles. En sus formas más extremas, puede entrañar el deseo de detener el cambio y la evolución tecnológicos. Sugiere que debería ponerse límites a nuestra capacidad para utilizar o degradar los recursos naturales y ambientales, con lo que se corre el riesgo de debilitar el desarrollo socioeconómico. Sin embargo, pasa por alto que los recursos y los estilos de vida se caracterizan por cambiar dinámicamente, lo cual bien puede llegar a obviar la necesidad o el deseo de poner algunos de los límites sugeridos por el concepto de gran sostenibilidad. Los bienes creados por el hombre pueden sustituir los recursos naturales agotados.

Entre los bienes creados por el hombre está, por ejemplo, la reserva mundial de capital tecnológico y humano, incluida la inagotable capacidad del ingenio humano para innovar y para cultivar las tierras agrícolas. Por tanto, el agotamiento de los recursos fósiles finitos se puede compensar con la ampliación de los bienes artificiales, desarrollando infraestructuras de energía inagotable, así como una base más amplia de conocimientos.

De igual manera, el cambio en el uso de la tierra, como la desforestación con fines agrícolas, se puede contrarrestar mediante técnicas agrícolas mejoradas y la reforestación. Este concepto de permitir la sustitución dentro de las clases de bienes y entre ellas se conoce como "poca sostenibilidad".

Muchos grupos de presión ambientalistas piensan que el aumento de la eficiencia, el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y la desmaterialización del proceso de producción y consumo son las

únicas opciones viables, que pueden sustituir el uso de combustibles fósiles. Asimismo, postulan la modificación de los estilos de vida, cuando la poca sostenibilidad no pueda lograrse con esas medidas. A pesar de haberse reconocido como una tecnología con valores de emisión prácticamente nulos, no consideran que la energía nucleoeléctrica sea una tecnología sostenible. No obstante, esta opinión muy difundida, que ha prevalecido en los debates internacionales sobre el cambio climático, promovidos en relación con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y los debates sobre el Protocolo de Kyoto, no es la única opinión viable.

El papel de la energía nucleoeléctrica. El noveno período de sesiones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CSD-9), celebrado en abril de 2001, brindó una excelente oportunidad para realizar un amplio debate sobre el papel de la energía nucleoeléctrica en el desarrollo sostenible, en el marco del debate general sobre los temas de la energía, el transporte y el cambio atmosférico.

En cuanto a la energía nucleoeléctrica, se llegó a dos conclusiones importantes. La primera es que los países concordaron en disentir sobre el papel de la energía nucleoeléctrica en el desarrollo sostenible. En el informe final de la CSD-9, se reconoce que, para algunos países, la energía nucleoeléctrica es incompatible con el desarrollo sostenible, mientras otros opinan que contribuye significativamente a éste. En cada caso, el texto recoge las razones expuestas. La segunda conclusión, sobre la cual hubo consenso, es que "la decisión de optar por la energía nuclear es responsabilidad de los países".

Los argumentos en favor de asignar un papel significativo a la energía nucleoeléctrica en el desarrollo sostenible son que amplía la base de recursos al dar un uso productivo al uranio; reduce las emisiones nocivas; amplía los suministros de electricidad y aumenta las reservas mundiales de capital tecnológico y humano. Aventaja a otras tecnologías energéticas al incorporar todos los factores externos: desde la seguridad y la disposición final de los desechos hasta la clausura; el costo de todos esos factores ya está incluido en el precio de la electricidad de origen nuclear en la mayoría de los países.

La cadena de la energía nucleoeléctrica completa, desde la extracción de los recursos hasta la disposición final de los desechos, incluidas la construcción del reactor y la instalación, emite solo entre dos y seis gramos de carbono por kilovatio/hora, aproximadamente la misma cantidad que las energías eólica y solar, y dos órdenes de magnitud por debajo del carbón, el petróleo, e incluso el gas natural. Además, la energía nucleoeléctrica evita la emisión de muchos otros contaminantes atmosféricos, como el SO_2, el NO_x y partículas.

CONSIDERACIONES DE POLÍTICA

Existen motivos para ser optimistas acerca de los avances que podemos hacer en el logro de los dos objetivos en materia de desarrollo sostenible: asignar máxima prioridad al desarrollo económico de los pobres del mundo, y llevar a cabo una gestión responsable de los recursos naturales y ambientales de la Tierra.

No obstante, nuestros pasos no se encaminan en esa dirección. Todos los escenarios, elaborados sobre la base de condiciones habituales, de estudios como los mencionados en este artículo, indican más contaminación en el futuro, más consumo de recursos y limitados progresos para los pobres del mundo. Ante la ausencia de medidas que obedezcan a políticas dinámicas, las actuales tendencias probablemente nos dejen más cerca de los problemas de hoy y más lejos del prometido desarrollo sostenible del mañana.

No puede haber una fórmula perfecta que garantice una reorientación positiva por senderos más sostenibles. Sin embargo, es posible entrever dos principios importantes y sugerir algunas consideraciones de política conexas.

En primer lugar, reiteramos que el desarrollo económico prioritario de los pobres requerirá un aumento considerable del consumo de energía. En segundo lugar, el progreso tecnológico --en la producción y el consumo de energía y el control de la contaminación-- será esencial para reducir la intensidad energética y la contaminación y ampliar la base de recursos energéticos conjuntamente con el aumento del uso de la energía.

Políticas en pro de la tecnología. Analicemos primero las características de las políticas encaminadas a promover el progreso tecnológico. Dichas políticas deberían estimular la innovación y difusión tecnológicas. En la esfera de la energía podrían hacer énfasis en la reducción de la intensidad energética, la contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero y el uso eficiente de los recursos, tanto nuevos como existentes, según el concepto de la "poca sostenibilidad".

Los mercados energéticos liberalizados, incluidos los precios de la energía basados en el mercado, presentan muchas ventajas para

fomentar las mencionadas innovación y difusión. La liberalización y la competencia en diferentes mercados del mundo ya han propiciado el aumento de la eficiencia que, por lo general, también entraña la disminución de los costos. No obstante, el proceso de liberalización también tiene escollos que requieren la atención continua y cuidadosa de los gobiernos a sus políticas. A continuación, figuran algunas importantes consideraciones en materia de política económica:

El primer escollo, como se demostró en California (EE UU), es el peligro de aplicar políticas de liberalización inadecuadas. Limitaciones políticamente atractivas, pero desacertadas desde el punto de vista económico, como los precios minoristas máximos de la electricidad y los límites para los contratos a largo plazo, pueden llevar al fracaso. El público que ha sido afectado una vez es doblemente cauteloso, de manera que aunque los responsables de formular políticas aprendan de sus errores, es probable que les resulte más difícil convencer a los electores para que den otra oportunidad a la liberalización.

Como sucede con muchas de las actividades de I+D, en la esfera de la energía los beneficios privados derivados de esas actividades pueden ser menores que los sociales. Como en esta esfera los inventores no pueden convertir en ganancias personales todos los beneficios sociales de sus invenciones, las inversiones privadas en I+D quizás no lleguen a ser socialmente óptimas. Por ello, es evidente que los gobiernos deben facilitar fondos para I+D, además de los proporcionados por el sector privado.

Existen pocos incentivos para reducir las emisiones de energía, sin costo alguno para el productor. El dióxido de carbono es el ejemplo evidente. En la mayoría de los países, las emisiones de CO_2 no están sujetas a regulaciones ni restricciones. Por tanto, no se incentiva desde el punto de vista económico el desarrollo de tecnologías e innovaciones en materia de gestión, que reduzcan esas emisiones. La solución radica en aplicar políticas que conviertan la reducción de las emisiones de carbono en algo rentable. Es posible que lo conveniente sea aplicar políticas diferentes (impuestos, subvenciones, permisos, y otros.) en países diferentes, y a nivel internacional, siempre existen posibilidades de mejorar el régimen que rige el comercio de los derechos de emisión en virtud del Protocolo de Kyoto.

No obstante, cualesquiera que sean los mecanismos que se prefieran, no cabe dudas de que mientras no existan políticas que hagan que la evitación de las emisiones de CO_2 sea directamente rentable, los incentivos económicos para reducir las emisiones serán nulos. Conviene observar que las políticas que penalizan el uso de la energía están mal dirigidas. La contaminación que amenaza la salud humana y la integridad ambiental es indeseable y debe ser penalizada. El uso de la energía en sí es beneficioso y necesario para mejorar los niveles de vida. Incluso en los países industrializados, los impuestos sobre la energía afectan a los pobres sin crear incentivos para reducir el factor importante: la contaminación y no el consumo de la energía.

Los mercados liberalizados desaprueban las subvenciones oficiales, pero éstas tienen una verdadera función que desempeñar para vencer las barreras a que se enfrentan las nuevas tecnologías cuando comienzan a competir con las antiguas ya establecidas. Algunos aducirán que el desarrollo sostenible requiere la eliminación de todas las subvenciones. No obstante, consideramos que es necesario discernir entre las subvenciones con cláusulas claras de extinción, que contribuyen a que las nuevas tecnologías pasen del laboratorio al mercado energético donde puedan (o no) prosperar, según sus ventajas.

Políticas que favorecen el suministro de energía a los pobres. Liberalizar los mercados energéticos, incorporar los factores externos negativos como los costos de los daños producidos por la contaminación, y, en general, "fijar el precio correcto", son todas medidas importantes, pero no bastan para los que son muy pobres. Para quienes no pueden pagar ningún precio, "fijar el precio correcto" no es la solución. Para que puedan disfrutar del desarrollo económico y convertirse en activos consumidores en los mercados energéticos liberalizados, los pobres necesitarán recibir una ayuda especial en todo el mundo, como enseñanza y atención médica, programas innovadores de financiación de pequeñas empresas, transferencia de tecnología y creación de instituciones estables.

Las decisiones gubernamentales que se adopten en materia de política social y de infraestructura influyen mucho en los avances tecnológicos que podrían facilitar el desarrollo económico y contribuir a dirigirlo en una dirección sostenible. Por ejemplo, a menudo, en los mercados liberalizados, no es posible justificar, desde el punto de vista económico, la ampliación de las redes eléctricas o las redes conductoras de gas natural a zonas rurales. En esos casos, las nuevas tecnologías de energías renovables no conectadas a la red pueden ofrecer las mejores perspectivas para prestar servicios energéticos modernos a los pobres de las zonas

rurales. Para los clientes de los mercados energéticos de estas zonas en desarrollo, los proyectos de este tipo introducen tecnologías apropiadas para satisfacer sus necesidades. Para las nuevas tecnologías, esos mercados son nichos donde se puede acumular experiencia y hacer los ajustes necesarios para la reducción de los costos y la difusión a largo plazo. Además, desde una perspectiva mundial, ofrecen el tipo de avance tecnológico sucesivo que permitirá un crecimiento económico y energético futuro más eficiente, más rápido y menos contaminante que lo que fue la Revolución Industrial.

A continuación se ofrecen tres ejemplos ilustrativos:

- Un proyecto rural ejecutado en la India utilizó el capital inicial proporcionado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional para instalar sistemas fotovoltaicos solares que apoyan la actividad generadora de ingresos que realizan las mujeres de la localidad tejiendo cestas.
- Doscientos proyectos de energía fotovoltaica y eólica, distribuidos entre 88 000 aldeas mexicanas no electrificadas, para bombear agua destinada al consumo humano, el riego y la ganadería.
- Comunicaciones por radios que funcionan con energía solar para cooperativas dedicadas al cultivo del café, ubicadas en zonas apartadas en las tierras altas de Chiapas, México. Las comunicaciones por radio permiten a los miembros de las cooperativas programar y coordinar mejor las cosechas, el transporte y otras actividades productivas, según las condiciones del mercado. Las radios también han contribuido a reducir las pérdidas y el peligro durante los incendios forestales.

Para alcanzar el desarrollo sostenible, también se debe prestar atención a las necesidades de los pobres de las zonas urbanas y de las megalópolis en crecimiento. La urbanización crea grandes demandas centralizadas de energía, las cuales originan la necesidad, permanente y creciente, de una elevada generación centralizada de electricidad. La mayor parte del crecimiento energético previsto para el siglo XXI ocurrirá en las ciudades, de manera que los avances que se realicen en las tecnologías de fuentes de energías renovables no conectadas a la red, apropiadas para el desarrollo rural, deben complementarse con la mejora de la generación centralizada adecuada para las megalópolis y las grandes zonas metropolitanas, como la energía nucleoeléctrica o la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles no contaminantes (alta eficiencia de conversión, reducción de la contaminación y aislamiento del carbono).

Los mercados liberalizados y un sistema tributario adecuado, complementado con políticas que limiten la contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero, pueden contribuir mucho a promover la aplicación de nuevas tecnologías eficientes y no contaminantes para la generación centralizada. Sin embargo, quizás nuevamente se necesite contar con políticas gubernamentales más activas para introducir las nuevas tecnologías en los mercados urbanos competitivos.

Mezcla de políticas dinámicas y flexibles. Las políticas, y sus resultados, se diferenciarán de un país a otro. El desarrollo sostenible requerirá una mezcla de tecnologías energéticas, y el relativo interés que despierten en los distintos países dependerá de las diferencias que existan en cuanto a recursos, economía, geografía, demografía y preferencias sociales. La energía solar atraerá más en los lugares soleados que donde no hay sol, y la energía eólica atraerá más donde haya viento. Asimismo, el carbón, el petróleo y la energía hidroeléctrica interesan más en los lugares donde abundan. Las economías de servicios requieren menos energía que las economías industriales, el sector del transporte consume más cuando las distancias son grandes, y los países con pocos recursos se preocupan más por la seguridad de la energía y la diversidad de la oferta que los países con abundantes fuentes de energía.

Así, aunque todas las políticas deberían fomentar el desarrollo, especialmente el de los pobres del mundo, y ampliar las oportunidades para las tecnologías más eficientes y menos contaminantes, no existe un conjunto universal de políticas específicas. Los países deben ser flexibles y tener en cuenta sus circunstancias.

La idea central del desarrollo sostenible, como se define en el Informe Brundtland citado en la introducción del presente artículo, es preservar los bienes valiosos y aprovechar las opciones. En lo que se refiere a la energía nucleoeléctrica, y a la luz de las conclusiones de la CSD-9, los países que puedan, y deseen, aprovechar la opción nuclear, tienen un papel de especial importancia que desempeñar. Para ellos, el desafío está en estimular la innovación y la adaptabilidad en el sector nuclear, de manera que las tecnologías nucleares puedan ayudar en los casos en que más se necesite la energía que genere muy pocas emisiones, incluidas las principales ciudades y los países en desarrollo. La constante mejora de las tecnologías para generar energía nucleoeléctrica tendrán mucho que ofrecer a quienes opten por utilizarlas. ❐