

# La energía como fuente de crecimiento y desarrollo en la perspectiva del fin de la era de los combustibles fósiles

Franco Romerio\*

## Resumen

Este artículo efectúa un análisis de las relaciones entre consumo de energía, crecimiento económico y desarrollo humano. Se puede afirmar que el desarrollo humano y el crecimiento económico no implican necesariamente fuertes consumos de energía. Sin embargo, existe un límite por abajo del cual se está frente a situaciones de pobreza energética. Además, la energía desempeña un papel determinante en materia de innovación tecnológica.

Nuestro análisis aborda la cuestión de la viabilidad del desarrollo y del crecimiento en la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles o de su mantenimiento en la situación actual a causa de los cambios climáticos. El crecimiento económico mundial y el surgimiento de los grandes países en desarrollo podrían provocar rupturas históricas. No es posible abordar esos problemas sin afrontar la cuestión energética en su conjunto. En ese contexto pensamos que es necesario intentar provocar innovaciones tecnológicas de punta y, sobre todo, promover estilos de vida poco energívoros.

## Introducción

La energía representa una fuente de crecimiento económico y de desarrollo humano. Estamos frente a relaciones muy complejas que no son de tipo determinista. Nuestro artículo intenta poner en evidencia esas relaciones, al mismo tiempo que se discute el problema del agotamiento de los combustibles fósiles o su mantenimiento en la actual situación (“gel”) a causa de los cambios climáticos. Las expectativas relativas al crecimiento económico mundial y al surgimiento de grandes países en desarrollo están en el centro de esta reflexión, la cual se completa con una revisión rápida de los escenarios energéticos del siglo XXI. Se sugiere también captar esos problemas en una óptica histórica de muy largo plazo. Insistimos en la importancia de las innovaciones tecnológicas de punta (*percées technologiques*) y sobre todo de los cambios de los estilos de vida para crear modelos de desarrollo viables. Si lo logramos, se podrá afirmar que las restricciones energéticas habrán modelado positivamente nuestra “civilización material contemporánea”.

El artículo se organizará de la manera siguiente: en primer lugar evocamos los conceptos de desarrollo humano y de crecimiento económico; en que punto examinamos las relaciones entre energía, crecimiento y desarrollo; después de una breve presentación de las relaciones con el entorno, abordamos la cuestión del crecimiento

---

\* Doctor en Ciencias Económicas, investigador del Centre Universitaire d’Etude des Problèmes de l’Energie, Université de Genève, Suiza. franco.romerio@cuepe.unige.ch. Traducción del francés de Angel de la Vega Navarro.

y del desarrollo a la luz de los problemas de la energía, y bosquejamos los escenarios energéticos y nos proponemos captar los problemas de la energía y sus implicaciones socioeconómicas y ambientales en una perspectiva histórica. Antes de concluir, recordamos las reformas en el sector de la energía y sus lazos con las políticas de crecimiento y desarrollo.

### Desarrollo humano y crecimiento económico

Amartya Sen da una definición de desarrollo que comprende a la vez las necesidades materiales y espirituales de los seres humanos (2000, p. 3 295). Percibe el desarrollo como un proceso de expansión de las libertades “la libertad de vivir el género de vida que la gente tiene razones para apreciar”. Esas libertades son limitadas o de plano agravadas por la pobreza y la tiranía, la represión y la intolerancia, la marginalización social y la falta de servicios.

El desarrollo se mide en general por el índice de desarrollo humano (IDH), que refleja el PIB, la esperanza de vida en el momento del nacimiento y el nivel de educación. Naturalmente, se puede criticar esta manera de captar el desarrollo, sin embargo tiene la ventaja de proporcionar puntos de referencia cuantitativos para el conjunto de los países del planeta. El PIB representa un indicador muy útil para medir el crecimiento económico y describir la evolución de la coyuntura. En particular expresa el valor agregado durante el año. El cuadro 1 proporciona algunos datos a ese respecto; en él se constatan, de manera particular, las desigualdades internacionales.

**Cuadro 1**  
**Indicadores de desarrollo, crecimiento económico,**  
**impacto ambiental y utilización de energía**

	A	B	C	D	E	F	G
Países en desarrollo	4359	0.694	4.6	3.8	25.5	1155	36.9
Países menos desarrollados	1328	0.518	4.0	12.5	75.9	106	0.4
América Latina, Caribe	7404	0.797	6.1	3.8	19.8	1927	5.6
OCDE	25915	0.892	5.1	3.0	4.1	8615	51.0
Países OCDE más ricos	30181	0.911	5.2	2.9	3.0	10262	46.2

A. PIB (Producto Interno Bruto) por habitante PPC US\$	E. Consumo de combustible tradicional (en % del consumo total de energía)
B. IDH (Indicador de Desarrollo Humano)	F. Consumo de electricidad por habitante (kWh)
C. PIB por unidad de energía utilizada (PPC US\$ por Kg equivalente petróleo)	G. Emisiones CO <sub>2</sub> (parte en el total mundial, en %)
D. PIB por unidad de electricidad utilizada (PPC US\$ par kWh)	

Fuente: UNDP, *Rapport sur le développement humain*, 2005 <http://hdr.undp.org/reports/>

Robert Solow muestra que en el largo plazo el crecimiento es provocado por el progreso técnico. “El motor del crecimiento económico es la invención”, como lo señala Charles I. Jones (2002, p. 195). El progreso tecnológico puede ser endógeno o exógeno, dicho de otra manera, puede ser percibido como una “gracia del cielo” o inducido por el crecimiento mismo. Se tienen, sin embargo, fases llamadas “transitorias”, en donde el crecimiento puede ser provocado por otros factores, por ejemplo la política económica, condiciones sociales favorables o la reconstrucción después de una catástrofe natural. Como tales fases pueden durar decenas, e incluso cientos de años, se plantea la cuestión de saber si se les puede considerar realmente transitorias. Conviene señalar que si los problemas del crecimiento son estudiados mediante la construcción de modelos económicos, los problemas del desarrollo exigen un enfoque interdisciplinario, ya que por naturaleza tienen que ver con la economía y la demografía, la sociedad y la política, la ciencia y la técnica.

Cuando se intenta comprender, en particular, las relaciones existentes entre crecimiento económico y desarrollo humano se enfrentan problemas muy complejos. Con Sen se puede afirmar, en principio, que esta relación no es “ni constante ni en ningún sentido automática o irresistible” (2000, p. 109). Se puede obtener un mismo nivel de desarrollo humano con diferentes niveles de ingreso. Sin embargo, es preciso no subestimar la importancia del crecimiento para el desarrollo. Para construir las infraestructuras y realizar políticas sociales es necesario crear ingresos. A su vez, el desarrollo puede tener un efecto positivo sobre el crecimiento. Una población con buen alojamiento, en buena salud, educada, que vive en un entorno culturalmente estimulante, representa un factor favorable para la productividad de la economía.

### Relaciones con el consumo de energía

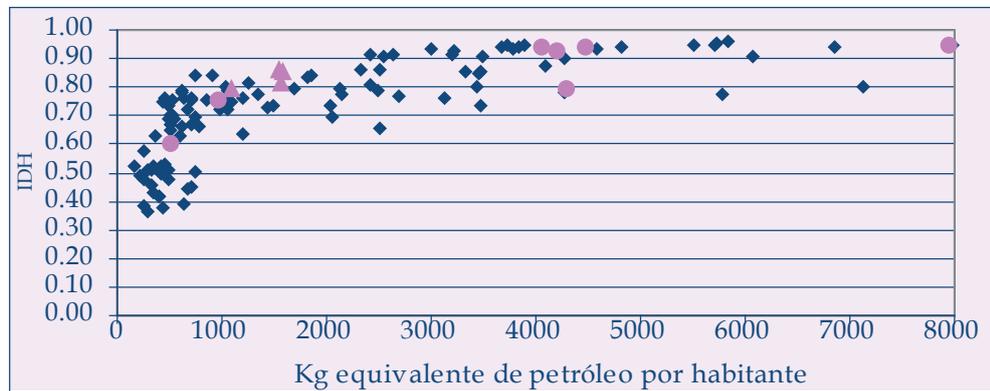
Con José Goldemberg, se puede afirmar que “la hipótesis según la cual la mejora del bienestar exige un fuerte crecimiento del consumo de energía no debe ser aceptada ciegamente” (1987, p. 6). Dicho de otra manera, no hay una relación mecánica de causa a efecto entre el consumo de energía, el crecimiento económico y el desarrollo humano. En ese terreno también se ve uno confrontado a problemas extremadamente complejos, que han sido además poco estudiados. Conviene subrayar que el consumo de energía debe ser analizado como consecuencia y al mismo tiempo factor del desarrollo y del crecimiento.

El análisis estadístico muestra que un IDH por encima de 0.7 implica un consumo de energía superior a 800 kg de equivalente petróleo/habitante, así como un consumo de electricidad superior a 1 500 kwh/habitante; siendo la parte de la biomasa en el balance energético inferior a 50%. Un IDH por encima de 0.7 supone un PIB superior a 3 000 US\$, el cual a su vez supone esos mismos consumos de energía y de electricidad que se acaban de mencionar.

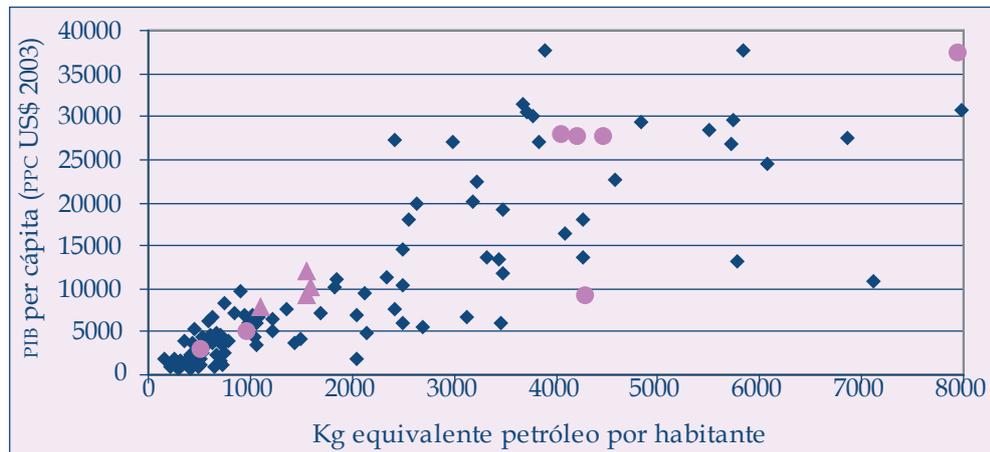
Un PIB superior a 10 000 US\$ implica por su parte un consumo de energía superior a 3 000-4 000 kg equivalente petróleo/habitante, así como un consumo de

electricidad superior a 5 000 kwh/habitante; en este caso la parte de la biomasa en el balance energético es inferior a 20%. Un PIB superior a 10 000 US\$ permite obtener un IDH superior a 0.8; los consumos de energía concuerdan (véanse las gráficas 1 y 2).

**Gráfica 1**  
Relación entre el consumo de energía y el desarrollo humano



**Gráfica 2**  
Relaciones entre consumo de energía e ingreso



Círculos pequeños de izquierda a derecha: India, China, Japón, Alemania, Federación Rusa, Francia, Estados Unidos.

Triángulos pequeños, de izquierda a derecha: Brasil, Argentina, México, Chile.

Fuentes: según <http://hdr.undp.org/statistics/data/>; <http://devdata.worldbank.org/wdi2005/Section3.htm>

Más allá de esos valores se constata que para un mismo nivel de IDH o de PIB, se pueden tener consumos de energía y de electricidad, así como un grado de utilización de biomasa muy diferentes. Esto tiene que ver con las condiciones geográficas, las estructuras económicas, la eficiencia energética y los estilos de vida en los diferentes países.

El papel que desempeña la energía en el desarrollo es puesto en evidencia por análisis parciales. Por ejemplo una encuesta realizada por Majid Ezzati (*et al.*) en África del Sur muestra que los pobres mismos consideran el acceso a la energía como una importante fuente de bienestar (2004, p. 400). Se subraya que “un acceso limitado a la energía fue identificado como un indicador de pobreza por los pobres mismos”. La importancia de la electricidad para el crecimiento económico y el progreso tecnológico ha sido demostrado por Sam H. Schurr en el caso de Estados Unidos de América, poniendo en evidencia de manera particular “El papel crítico de la electricidad... la indispensable herramienta de la innovación tecnológica” (1984, p. 421).

No existe pues una relación mecánica de causa a efecto entre energía, crecimiento y desarrollo. Hay sin embargo un umbral crítico por abajo del cual se puede hablar de pobreza energética. Además, la electricidad y el petróleo revisten un carácter estratégico para la innovación tecnológica.

En esa perspectiva conviene analizar la intensidad energética, que está dada por la relación entre la utilización de la energía y el PIB. Desde hace un siglo aproximadamente se constata una disminución significativa de esta relación (Martin, 1988, p. 20-23). Las cifras de la Agencia Internacional de Energía<sup>1</sup> muestran que desde 1971 la intensidad energética ha disminuido de manera significativa en los países de la OCDE<sup>2</sup> y de manera más ligera en los demás. En cambio, la intensidad eléctrica (la relación entre la utilización de electricidad y el PIB) está en aumento, sobre todo en los países no miembros de la OCDE.

Los siguientes factores permiten explicar la disminución de la intensidad energética: 1) cambios en la estructura económica, en particular el aumento del peso del sector terciario, el cual genera relativamente más valor agregado; 2) mejora de la eficiencia energética, gracias al progreso tecnológico y a la promoción de la utilización racional de la energía que permite crear más ingreso y bienestar con la misma cantidad de energía; 3) de manera casi paradójica la difusión de la electricidad. Este último fenómeno ha sido puesto en evidencia por Schurr, quien ha mostrado que la penetración de la energía eléctrica ha engendrado más ingreso que la utilización de la energía primaria. Además permite comprender la evolución de la intensidad eléctrica en la medida en que se toman en cuenta también las ganancias de productividad menos importantes.

<sup>1</sup> Agence Internationale de l'énergie.

<sup>2</sup> Organisation de Coopération et de Développement Economique.

Las evoluciones de la intensidad energética y eléctrica no deben hacernos perder de vista el aumento extraordinario del consumo de energía desde la revolución industrial. Entre 1800 y 1985, la producción mundial de energía aumentó 879 veces; entre 1900 y 1985, 12 veces. Durante el período 1800-1985, la tasa promedio de crecimiento anual fue de 3.7%; entre 1900 y 1985, de 3.0% (Etemad y Luciani, 1991, p. 262). Este crecimiento se explica por la aparición de nuevos bienes y servicios, por ejemplo en el campo de los transportes y del tiempo libre. Conviene también recordar el aumento de nivel de vida de las categorías sociales menos acomodadas, el cual se traduce por la compra de bienes y servicios (coche, electrodomésticos, TV, etcétera) que antes les eran inaccesibles.

### Relaciones con el medio ambiente

El impacto ambiental de la extracción, de la transformación, del transporte y del consumo de energía depende en particular del tipo de producción y de tecnologías energéticas (biomasa, carbón, hidráulica, etcétera), de las condiciones de explotación de los recursos y de las instalaciones, así como de la eficiencia energética (rendimientos termodinámicos, consumo específico de los equipos, etcétera).

Contrariamente a la contaminación global, que está a la orden del día desde hace relativamente poco tiempo, la contaminación local representa un problema antiguo, bastante bien documentado por los historiadores. Por ejemplo, en 1954 un informe del gobierno británico denunciaba la contaminación del aire provocada por la combustión del carbón, “un mal económico y social que no debería ser tolerado por más tiempo” (p. 6).

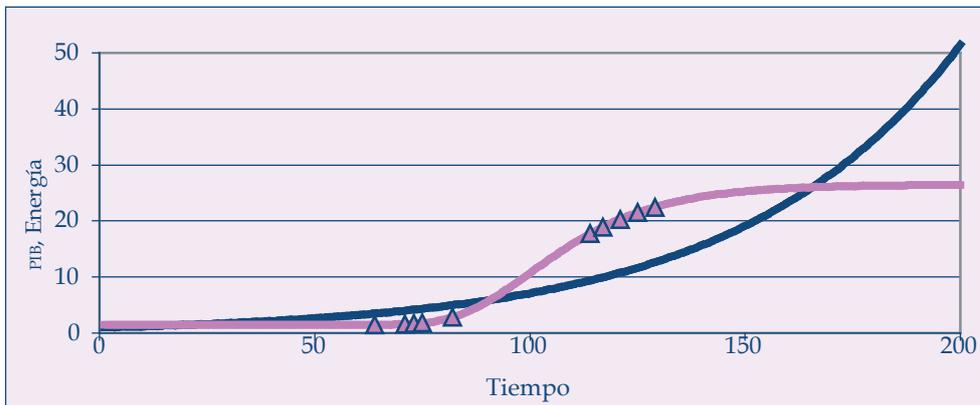
El desarrollo y la pobreza están en el origen de círculos viciosos que amenazan a las poblaciones y al entorno. Como lo señala Stiglitz, en muchos países pobres, las poblaciones más miserables deben explotar el bosque para procurarse la energía necesaria para calentarse y cocinar. Esto provoca la erosión de los suelos, que a su vez vuelve todavía más difíciles las condiciones de vida (2002, p. 83).

El crecimiento está directamente relacionado con la degradación ambiental, la cual se está convirtiendo en la actualidad en una amenaza global. Las catástrofes naturales podrían aumentar en número e intensidad a causa de los cambios climáticos, con consecuencias socio-económicas difícilmente previsibles.

### Desarrollo y crecimiento a la luz de los problemas de la energía

Es indispensable preguntarse si el desarrollo y el crecimiento son viables en el mediano y largo plazos. Por una parte estamos confrontados a los problemas ligados a la degradación ambiental, en particular a los cambios climáticos, y al agotamiento del petróleo y del gas. Por otra parte se contemplan escenarios de crecimiento para la economía mundial y se asiste al surgimiento de grandes países en desarrollo. China y la India solas representan casi dos mil quinientos millones de personas.

Gráfica 3  
Hipótesis de crecimiento



Pequeños triángulos, de izquierda a derecha, según el crecimiento del PIB por habitante 1990-2003: África del Sur, México, Tailandia, India, China (tasa de crecimiento entre 0.1-8.5%), UK, USA, Francia, Alemania, Japón (tasa de crecimiento entre 2.5-1.0%).

Curva exponencial: tasa de crecimiento 2%.

Fuente : según <http://hdr.undp.org/statistics/data/>

La gráfica 3 muestra la amplitud de los fenómenos exponenciales. Una unidad de producción dará 50 unidades en 200 años si aumenta a una tasa de crecimiento anual de 2%. Naturalmente, se pueden hacer otras hipótesis, considerar por ejemplo una curva logística. En este caso, se colocaron los “países emergentes” como México, India y China en el inicio de la pendiente y los “países emergidos” como Estados Unidos, Alemania y Japón hacia arriba. De todos modos se trata de curvas que en sí mismas no poseen ningún valor explicativo o predicativo.

La teoría económica muestra que si se toma en consideración el agotamiento de los recursos naturales, la búsqueda del crecimiento depende del progreso tecnológico y de la elasticidad de sustitución entre el capital y los recursos naturales. Si esta elasticidad es inferior a 1, los recursos naturales son indispensables en el proceso de producción; si es superior a 1 sucede lo contrario. En el caso de la energía, el “nervio de la guerra” está representado si duda por el progreso tecnológico.

Una importante corriente del pensamiento económico apuesta en efecto sobre la creación de nuevas ideas y la innovación tecnológica para hacer frente a esos problemas. Paul M. Romer señala “Cada generación ha percibido los límites del crecimiento... y cada generación ha subestimado el potencial para encontrar nuevas recetas e ideas”.<sup>3</sup> A este respecto, se recuerda por ejemplo que la eficiencia de la iluminación<sup>4</sup> ha sido multiplicada por más de 1 000 veces en tres siglos, si se comparan

<sup>3</sup> Romer P.M., *Economic Growth* ([www.stanford.edu/~promer/Econgrogro.htm](http://www.stanford.edu/~promer/Econgrogro.htm)).

<sup>4</sup> La eficiencia de la iluminación está definida por la relación entre la luz que se proporciona y la energía necesaria para ello.

las candelas basadas en grasa animal, utilizadas antes de la revolución industrial y el actual foco eléctrico que ahorra energía. Conviene recordar por otra parte que la sustitución de la grasa animal por petróleo permitió salvar las ballenas en el siglo XIX (Braudel, 1966, v. II, p. 526).

Se puede abordar el problema de manera diferente y anticipar un fuerte aumento de los precios de la energía a medida que se acerca la fecha fatídica del agotamiento del gas y del petróleo o del mantenimiento en su actual situación (“gel”) de las energías fósiles a causa de los cambios climáticos. Esto debería permitir tomar la estafeta a las nuevas tecnologías. En esa perspectiva es útil recordar el concepto de “backstop technology”, que entra en escena cuando los precios de la energía han alcanzado un nivel relativamente elevado. A ese precio estaría en capacidad de proporcionar una cantidad prácticamente inagotable de energía. En los años sesenta, se pensaba en particular en los reactores de cría; con un poco más de escepticismo hoy en día se considera la fusión nuclear o la utilización racional de la energía.

Pero quizá ni los progresos tecnológicos, ni las nuevas ideas, ni las señales del mercado bastan. Es necesario pensar entonces en innovaciones tecnológicas de punta y en cambios radicales en los estilos de vida. Sin embargo, como lo señalan Ignacio Pérez-Arriaga y Julián Barquín “Las rupturas no se pueden entregar rápidamente sobre pedido” (2005). Volveremos más adelante sobre este punto.

### Escenarios energéticos

Con el fin de explorar el futuro energético en el corto, mediano y largo plazos, se construyen escenarios. Se consideran hipótesis atrevidas para evaluar evoluciones contrastadas. Los grupos de interés retienen las hipótesis que les son más favorables, de tal manera que muchas veces se deslizan hacia el “wishful thinking”. En cambio, las organizaciones oficiales se limitan a definir hipótesis tímidas, ya que deben callar las divergencias que existen entre los estados miembros y tomar en cuenta la opinión de los diferentes grupos de presión. Desgraciadamente, la mayor parte del tiempo no se realizan análisis críticos retrospectivos de los escenarios. Se prefiere construir nuevos sin poner en duda los resultados obtenidos en el pasado (Romerio, 2000).

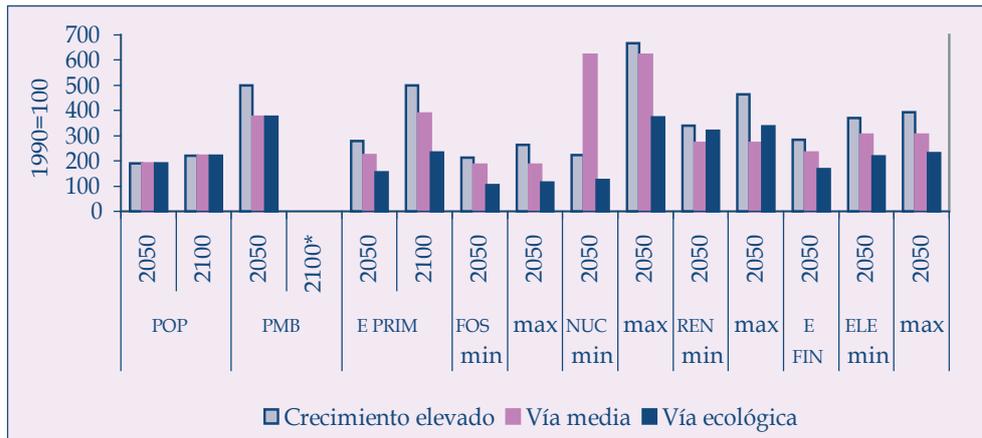
Los escenarios deberían servir para definir estrategias, es decir “un conjunto de decisiones condicionales que determinan los actos por cumplir en función de todas las circunstancias susceptibles de presentarse en el futuro” (Massé, 1959, p. 100). Es necesario entonces crear “portafolios energéticos” bien equilibrados. Dicho de otra manera, es necesario apostar sobre la diversificación del abastecimiento y evitar la dependencia excesiva respecto a las materias primas, a las tecnologías o a los proveedores. Las correlaciones entre las diferentes energías, por ejemplo entre el precio del gas y del petróleo, deben ser cuidadosamente verificadas. Además, los portafolios deben ser flexibles, lo que significa que en la medida de lo posible se deben poder corregir nuestras elecciones a medida que se asiste a la resolución de las

incertidumbres. En esa perspectiva, con Ignacio Pérez-Arriaga y Julián Barquín, se puede afirmar: “Ser flexible, ecléctico, pero discriminante” (2005).

El célebre *World Energy Outlook*, edición 2004, publicado por la Agencia Internacional de la Energía se limita a tomar en consideración el horizonte temporal 2030 (IEA, 2004a). El escenario que se pretende “alternativo” se contenta con admitir la adopción de medidas de política energética oficialmente en discusión en 2004, así como un mejor desempeño energético en los países en desarrollo. La diferencia con el “escenario de referencia” es poco importante. Se consideran cambios profundos, pero únicamente en la esfera tecnológica, en particular en lo que respecta a la preparación de reactores nucleares avanzados y la captura y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Se supone que el precio del barril permanecerá entre 27 y 29 US\$ hasta 2030. Se admite un fuerte enriquecimiento de los países de la OCDE y la persistencia de ingresos muy bajos en África, sin preguntarse si tales desigualdades son tolerables en el largo plazo.<sup>5</sup>

#### Gráfica 4

##### Escenarios del Consejo Mundial de Energía



\* Respectivamente 1500, 1000, 1100.

POP=población, PMB=Producto Mundial Bruto, E PRIM=Energía primaria ; FOS=Energías fósiles, NUC=Nuclear, REN=Renovables, E FIN=Energía final, ELE=Electricidad, min=variante minimum, max=variante maximum.

Fuentes: WEC, 2000, p. 138-139.

La gráfica 4 ilustra las principales características de los escenarios publicados por el Consejo Mundial de la Energía, cuyos miembros pertenecen a compañías energéticas, a ministerios y a grandes asociaciones (WEC, 2000). Tres escenarios han sido tomados en consideración, llamados “crecimiento elevado”, “vía media” y “vía ecológica”. Las hipótesis sobre el crecimiento de la población son las mismas para todos

<sup>5</sup> Entre 2002 y 2030, el PIB por habitante pasaría así de 2000 a 3500 US\$ en África y de 24000 a 39000 US\$ en los países de la OCDE (p. 46-47).

los escenarios. Se constata un fuerte aumento del Producto Mundial Bruto, en particular en el primer caso. El consumo de energía primaria y final aumenta de manera relativamente fuerte hacia el horizonte 2050; sin embargo, las brechas entre los tres escenarios son importantes a ese respecto. El consumo de electricidad aumenta de manera más fuerte. Las energías fósiles continúan desempeñando un papel importante en todos los casos. La importancia de la energía nuclear varía fuertemente de una variante a otra. Las energías renovables emergen en todas las variantes.

Esos escenarios permiten discutir algunas hipótesis respecto al porvenir energético del planeta, pero no permiten responder a preguntas respecto a la viabilidad del desarrollo y del crecimiento, esbozados en el punto precedente. En efecto, es preciso mirar más allá del horizonte temporal 2050. A ese respecto, el Consejo Mundial de la Energía proporciona únicamente algunos agregados, como el consumo total de energía primaria, que aumenta todavía hasta el horizonte 2100 (*cf.* gráfica 4). Además, la degradación ambiental podría manifestarse más rápidamente y de manera más aguda. No se puede excluir tampoco la hipótesis de la aparición de conflictos internacionales provocados por la aparición de procesos de crecimiento y la persistencia de profundas desigualdades, admitida por el Consejo Mundial de la Energía. En fin, es necesario tomar cuidadosamente en consideración los diferentes riesgos de tipo tecnológico, socioeconómico, político y militar relacionados con las producciones y tecnologías energéticas consideradas.

### Perspectiva histórica

Pierre-André Julien, Pierre Lamonde y Daniel Latouche aclaran la relación entre el enfoque prospectivo de los escenarios y el enfoque histórico. Revelan que “la perspectiva, por constituir un vaivén dialéctico entre el futuro y el presente tiene, como modo de conocimiento, mucha afinidad con el análisis histórico, ya que ambos tienen qué ver ante todo con el cambio y la larga duración” (1975, p. 86). Es justamente en la perspectiva de la historia de las civilizaciones y de las rupturas que han marcado los diez mil últimos años de historia material y humana como quisiéramos ahora captar los problemas de la energía y sus implicaciones socioeconómicas y ambientales.

Fernand Braudel define la “civilización” como una continuidad histórica interminable de realidades profundas, permanentes o semipermanentes, concientes o inconcientes. Escribe que la estructura de una civilización es “una realidad que el tiempo no usa mucho y encamina de manera muy larga” (1969, p. 50). La “ruptura” está definida por Paul Bairoch como “un fenómeno que provoca cambios muy profundos en un lapso de tiempo relativamente corto, en relación con la duración de la fase anterior” (1999, v. I, p. 9).

Se puede afirmar que la energía ha modelado las civilizaciones. Por ejemplo, el petróleo y la electricidad representan un aspecto muy importante de la “civilización material” de nuestra época. Han influenciado profundamente nuestros estilos de

vida, más allá de las culturas, las cuales son muy diferentes en América Latina, en el Extremo Oriente, en Europa, etcétera. Por otra parte, las grandes rupturas de la historia no son independientes de la energía. La revolución neolítica representa una ruptura extraordinaria para la historia de la humanidad. Se pasa de una economía basada en la recolección, en la caza y en la pesca a una economía basada en la agricultura y en la ganadería. La utilización del fuego también es significativa. La revolución industrial no hubiera sido concebible “sin la revolución energética”, como lo muestra Cipolla, quien recuerda también: “El recurso necesario y casi exclusivo a los convertidores biológicos ha sido suprimido. Las disponibilidades energéticas de la humanidad aumentan de manera nunca vista” (1961, p. 529-530). En la actualidad, teniendo como tela de fondo la globalización, uno se puede preguntar si el agotamiento de las energías fósiles o su mantenimiento en la situación actual, a causa de los cambios climáticos, inducirá rupturas socioeconómicas tan profundas.

Pero, ¿de qué rupturas se tratará?, ¿de rupturas políticas, socioeconómicas o tecnológicas? ¿serán repentinas o lentas?, ¿serán para bien o para mal?, ¿Para los ricos o para los más pobres? ¿Asistiremos a una ampliación de las brechas entre países ricos y pobres o, por el contrario, a su desaparición? Evidentemente, no tenemos la respuesta a esas preguntas, de tal manera que aquí nos limitamos a señalar la importancia de crear dinámicas positivas a ese respecto, apostando en particular por los cambios de estilos de vida y por innovaciones tecnológicas de punta. Es necesario tomar en cuenta la constatación de que no existe una relación de causa a efecto entre la utilización de la energía, el crecimiento económico y el desarrollo humano, al mismo tiempo que se reconoce el hecho de que por abajo de cierto umbral de consumo se presentan fenómenos de pobreza energética y de que hasta ahora la electricidad ha estado estrechamente ligada a la innovación tecnológica. El esfuerzo debe tender hacia la creación de estilos de vida poco energívoros y de modelos de desarrollo poco intensos en recursos naturales, que no conlleven la degradación ineluctable del medio ambiente.

Hay otros problemas que merecerían un análisis histórico atento en la perspectiva de nuestra reflexión sobre el porvenir energético del planeta. En 1865, Stanley Jevons publicó un libro sobre la “cuestión del carbón”, que predecía el agotamiento de las minas y el fin cercano de la civilización. Más o menos en la misma época, Julio Verne imaginaba sus “viajes extraordinarios”. Nos podemos preguntar si la fantasía y la creatividad de Verne no vieron mucho más lejos que las extrapolaciones de las curvas de crecimiento y la contabilidad de las reservas de recursos naturales de Jevons. En realidad esta cuestión lleva a otra: el descubrimiento, la innovación, las innovaciones tecnológicas de punta ¿son estimuladas por la abundancia de energía, de materias primas, de tierras, trabajo y capital o son provocadas por la escasez?

Fernand Braudel recuerda que la antigüedad greco-romana “no creó máquinas a la altura de su inteligencia. En efecto, no buscó tenerlas. Su culpa era poseer esclavos” (1966, v. I, p. 36). La abundancia de esclavos impidió el progreso tecnológico.

En China se encuentra un problema análogo. En una época completamente diferente, Sam H. Schurr muestra, en un sentido diferente, que una oferta abundante y barata de energía, de electricidad y de petróleo en particular, estimuló el extraordinario progreso tecnológico de la posguerra en Estados Unidos. Escribe: “Las características de la oferta energética –bajo costo, abundancia y una avanzada flexibilidad en su uso– proporcionaron un suelo fértil para el descubrimiento, desarrollo y uso de nuevos procesos, nuevos equipos, nuevos sistemas de producción...” (1984, p. 414).

En cambio, se pueden encontrar numerosos ejemplos en donde es la falta de recursos la que provocó el progreso tecnológico. A este respecto, conviene recordar la aparición de las ruedas hidráulicas, relacionada con la crisis de mano de obra en la Roma del siglo IV. El empleo de las ruedas hidráulicas permitió también hacer frente al problema de la sobreexplotación del bosque en ciertas regiones de Europa en el siglo XIII, cuando las fundiciones devoraban la leña (Debeir, Deléage et Hémerly, 1986, p. 72-131).

Ain Ghazal, cerca de Amman en Jordania, uno de los más grandes sitios neolíticos en el mundo, representa en cambio la ilustración de una civilización que desapareció a causa de la deforestación y la desertificación inducidas por su propio crecimiento y la utilización de madera que de ello se derivaba. Como lo señala Paul Bairoch, “A partir de 7000 A.C, la población comienza a declinar y esa “ciudad” fue abandonada hacia 6000 A.C, es decir 2000 años después de su fundación” (1999, v. III, p. 1045).

Esta reflexión, que aborda el problema del progreso técnico en situaciones de abundancia y de crisis, merecería ser ampliada, naturalmente, a las cuestiones relativas a los cambios de estilos de vida, las cuales son hoy en día probablemente más importantes que las que tienen que ver con las innovaciones tecnológicas de punta.

### **Reformas en el sector energético**

Antes de concluir, conviene recordar que la planificación del sector de la energía, a menudo concebido como un componente de la defensa nacional, pertenece cada vez más al pasado. En un gran número de países, se apuesta por el mercado y la competencia, enmarcados por el regulador de la rama, para realizar los objetivos de política energética, como la creación de “portafolios energéticos bien equilibrados”, evocados más arriba. Los productores y los consumidores pueden sin embargo ser orientados en la dirección deseada a través de medidas de “comando y control” o de tipo incitativo. La creación del mercado de emisiones de CO<sub>2</sub> representa una excelente ilustración de esto. Otro ejemplo lo proporcionan las medidas incitativas destinadas a promover la utilización racional de la energía, fundamentales ya que al bajar la intensidad energética contribuyen a hacer viable el desarrollo. El sistema de las concesiones y de las licencias permite, en cambio, mejorar la diversificación de los abastecimientos con una intervención más directa del Estado, impulsando o li-

mitando la inversión en ciertas producciones y tecnologías energéticas (UNAM-UPMF, 2003; [www.sessa.eu.com](http://www.sessa.eu.com)).

En el origen de las reformas de la organización de los mercados de la energía, hubo la voluntad de estimular el crecimiento económico. Por ejemplo, hace 20 años, en Estados Unidos, el National Research Council abrió el camino a la apertura de los mercados de la electricidad a la competencia afirmando que “La relación entre electricidad y productividad es tan importante que debería ser considerada en el desarrollo de energía federal y estatal y de políticas económicas” (NRC, 1986, p. xvi). La Agencia Internacional de la Energía impulsa a los países en desarrollo a efectuar reformas institucionales y a abrir los mercados a la competencia para facilitar la inversión en infraestructura energética, en particular la electrificación. Ha escrito: “Una buena gobernanza en el sector energético es crítica para atraer inversión en infraestructura. Mercados competitivos efectivos dan a los consumidores la posibilidad de elegir y empujan hacia abajo los costos. La creación de tales mercados significa la remoción de controles en la fijación de los precios de los productos petroleros y de otras formas comercializables de energía. Significa el establecimiento de regulaciones de servicios energéticos de red basadas en costos; y que esos servicios deben ser pagados. Leyes y regulaciones que impiden el comercio energético y la inversión deben ser reformados” (IEA, 2004a, p. 353).

La Agencia Internacional de la Energía han insistido sobre el hecho que las inversiones en infraestructura energética, las cuales necesitan enormes sumas de dinero,<sup>6</sup> son indispensables para eliminar la pobreza. Afirma que para reducir a la mitad la proporción de personas que tienen un ingreso cotidiano inferior a 1 US\$ de aquí al 2015, será necesario efectuar un enorme esfuerzo en la electrificación de los países en desarrollo. Reconoce sin embargo el papel positivo que podría desempeñar la “producción descentralizada” en las regiones rurales (IEA, 2004b, p. 94). Compartimos enteramente este punto de vista, el cual, por otra parte, debe ser verificado mundialmente. Si se opera localmente, se pueden aprovechar los recursos naturales disponibles en el lugar, como la biomasa, la energía solar, las caídas de agua y el viento. Además, las comunidades locales pueden intervenir en el nivel de la elección, de la realización y de la explotación de los proyectos, y aún de su financiamiento si existe un sistema de microcrédito (Sokona, 2003, p. 196 ; Romerio, 2005, p. 45-48).

Esta breve presentación sobre las reformas en el sector energético, el crecimiento y el desarrollo nos permite subrayar la importancia de integrar mejor los problemas del desarrollo humano y del medio ambiente en la política energética y en la reorganización de los mercados. Es preciso en particular tomar en consideración las dinámicas de largo plazo, que muchas veces son olvidadas, aún en la elaboración de escenarios. Sobre todo, es necesario ver muy bien que el problema no concierne únicamente a la realización de infraestructuras, sino también las políticas de investigación

<sup>6</sup> Según las estimaciones de la AIE, 5 x 1018 US\$ hasta 2030 solamente en el sector de la electricidad de los países en desarrollo (IEA, 2004b, p. 353).

y desarrollo, cuyos presupuestos han sufrido fuertes recortes estos últimos años, así como los estilos de vida que habría que estudiar mucho más en profundidad.

## 9. Conclusión

Tenemos que enfrentar dos grandes desafíos: por una parte, el desarrollo y de manera mas especial la lucha contra la indigencia y la pobreza; por otra parte, la protección del medio ambiente. No se puede atacar esos problemas sin afrontar la cuestión energética en su conjunto. En la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles o de su mantenimiento en la situación actual (“gel”) a causa de los cambios climáticos, es preciso impulsar las nuevas ideas e iniciativas que pueden conducir a innovaciones tecnológicas de punta y, aún más, a estilos de vida menos energívoros. Es preciso, sin embargo, reconocer la complejidad de los problemas y las incertidumbres que debemos enfrentar, las cuales se amplifican a medida que se toma en consideración horizontes temporales más lejanos. Vastos campos de investigación han sido insuficientemente explorados. Jóvenes investigadores en ciencias humanas, naturales y técnicas podrían encontrar ahí temas de estudio que les permitan realizar contribuciones originales y socialmente útiles ■

## Bibliografía

- Bairoch P., *Victoires et déboires: histoire économique et sociale du monde du XVI<sup>e</sup> siècle à nos jours*, Paris, Gallimard, 1997.
- Braudel F., *Il mondo attuale*, Torino, Einaudi editore, 1966.
- Braudel F., *Ecrits sur l'histoire*, Paris, Flammarion, 1969.
- Cipolla C.M., Sources d'énergie et histoire de l'humanité, *Annales ESC*, Mai-Juin 1961.
- Debeir J.-C., Deléage J.-P., Hémerly D., *Les servitudes de la puissance : une histoire de l'énergie*, Paris, Flammarion, 1986.
- Etemad B., Luciani J., *World energy production, 1800-1985*, Geneva, Droz, 1991.
- Ezzati M. et al., Energy management and global health, *Annual Review of Environment and Resources*, 29, 2004.
- Goldemberg J. et al., *Energy for development*, Washington, World Resources Institute, 1987.
- Jones C.I., *Introduction to economic growth*, New York, W.W. Norton, 2002.
- IEA (International Energy Agency), *World energy outlook 2004*, Paris, 2004a.
- IEA (International Energy Agency), *World energy investment outlook, 2003 Insights*, Paris, 2004b.
- Julien J.-A., Lamonde P., Latouche D., *La méthode des scénarios*, Paris, La Documentation Française, 1975.

- Martin J.M., L'intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industrialisés: les évolutions de très longue période livrent-elles des renseignements utiles? *Economie et Société: Cahiers de l'ISMEA*, 4, 1988.
- Massé P., Prévision et prospective, in *Prospective*, 1959.
- Ministry of Housing and local government, *Report of the committee on air pollution (Beaver Report)*, London, HMSO, 1954.
- NRC (National Research Council), *Electricity in economic growth*, Washington, National Academy Press, 1986.
- Pérez-Arriaga I., Barquín J., *Towards a sustainable European energy model : Investment for sustainability*, Brussels, 9.9.2005 ([www.sessa.eu.com](http://www.sessa.eu.com)).
- Romerio F. (2000), Prévision et prospective de la consommation d'énergie électrique: analyse rétrospective et réflexions en vue de la libéralisation des marchés, in Bertholet J.-L., Garbely M., Lachal B., Romerio F., Weber W. (éds.), *Quels systèmes énergétiques pour le XXI<sup>e</sup> siècle? Consommation et synthèse*, Université de Genève, Collection "Energie, Environnement, Société".
- Romerio F., *Risk analysis in the field of energy problems*, Rapports de recherche du CUEPE no 6, Université de Genève, 2005. ([www.unige.ch/cuepe/html/biblio/pdf/RapRech\\_Risk](http://www.unige.ch/cuepe/html/biblio/pdf/RapRech_Risk)).
- Schurr S.H., Energy use, technological change, and productive efficiency: An economic-historical interpretation, *Annual Review of Energy*, 9, 1984.
- Sen A.K., *Development as freedom*, New York, Alfred A. Knopf, 2000.
- Sokona Y., Widening access to rural energy services in Africa: Looking to the future, in Lachal B., Romerio F. (éds.), *L'énergie, controverses et perspectives*, Université de Genève, Collection "Energie, Environnement et Société", 2003.
- Stiglitz J.E., *Globalization and its discontents*, London, Penguin Books, 2002.
- UNAM-UPME, *Energía, reformas institucionales y desarrollo en América Latina*, Ciudad de Mexico, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2003.
- WEC (World Energy Council), *Energy for tomorrow's world – Acting now!*, London, 2000.