

Construir una economía baja en carbono

Christopher Flavin

En *La Situación del Mundo 2008. Innovaciones para una economía sostenible*, CIP/Icaria, 2008

El Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial) es un espacio de reflexión que analiza los retos de la sostenibilidad, la cohesión social, la calidad de la democracia y la paz en la sociedad actual, desde una perspectiva crítica y transdisciplinar.

Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial)
C/ Duque de Sesto 40, 28009 Madrid
Tel.: 91 576 32 99 - Fax: 91 577 47 26 - cip@fuhem.es - www.cip.fuhem.es



6

Construir una economía baja en carbono

Christopher Flavin

Durante el último medio millón de años, el clima mundial ha pasado por cuatro eras glaciares, separadas por cuatro períodos cálidos, con los hielos sepultando extensas zonas de Norteamérica, Europa y Asia para luego retroceder, con miles de especies desplazadas y profundos cambios en las zonas costeras, a medida que subía o bajaba el nivel de los mares. Sin embargo, a lo largo de estos cientos de miles de años la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂), que desempeña un papel clave en la regulación del clima, no ha superado nunca las 300 partes por millón.¹

En 2007 la concentración atmosférica de CO₂ superó las 382 partes por millón —y equivaldría ya a 430 partes por millón teniendo en cuenta el efecto de otros gases de efecto invernadero (véase gráfico 6-1). La humanidad corre el riesgo de estar creando un clima desconocido en la historia del planeta, con una evolución acelerada, anormal y con implicaciones más dramáticas que cualquier otro cambio experimentado por el clima desde que la Tierra colisionara con un enorme asteroide hace casi un millón de años. Si las emisiones de gases efecto invernadero no disminuyen en la próxima década, nos exponemos a provocar una alteración incontrolable del clima del mundo, que podría durar siglos y que nuestros descendientes serían incapaces de parar.²

La humanidad está entrando en territorio desconocido. Los combustibles fósiles han hecho posible la economía moderna y todos sus logros materiales, pero lograr una economía baja en carbono es ahora el



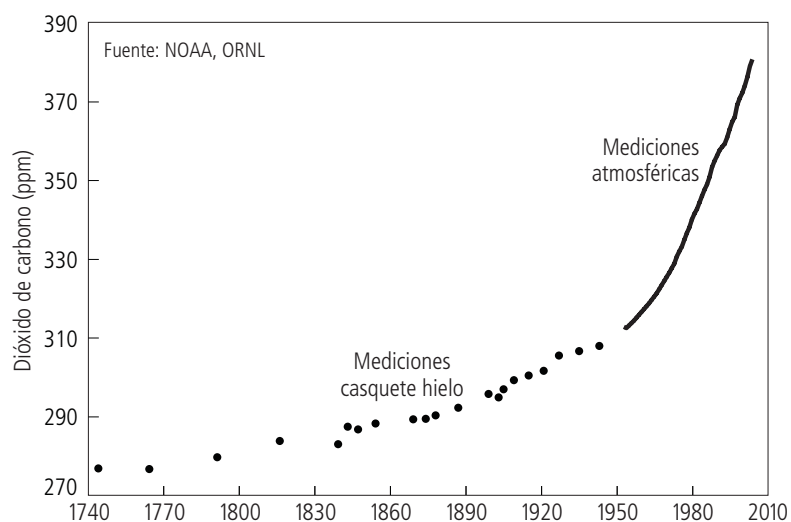
reto principal de nuestra época. Responder a este desafío va a requerir una reestructuración de la industria mundial de la energía a través de innovaciones tecnológicas, económicas y políticas tan inauditas como el cambio climático que han de afrontar.

Evitar la catástrofe

Los científicos han comprendido recientemente que los cambios en la concentración atmosférica de dióxido de carbono, metano y otros gases menos comunes podrían provocar una catástrofe ecológica de proporciones pavorosas. El clima, según parece, no es el inmenso e implacable sistema que aparenta ser.

Los anteriores cambios climáticos fueron originados por pequeñas alteraciones en la órbita de la Tierra y de su orientación con respecto al sol —que proporcionaban, por ejemplo, la energía adicional suficiente para calentar el planeta durante miles de años, incrementando la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y provocando cambios todavía mayores de temperatura que los científicos denominan retroalimentación positiva. La descomunal liberación actual de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero a la atmósfera está originando cambios mucho más grandes en la atmósfera en pocas décadas.³

Gráfico 6-1. Concentración atmosférica de dióxido de carbono, 1744-2004



Los científicos prevén actualmente que durante las próximas décadas disminuirá la capacidad de la Tierra y de los océanos para absorber las emisiones de carbono, mientras que las enormes alteraciones en el Ártico pueden acelerar el calentamiento todavía más. La fusión de la tundra liberará millones de toneladas de metano, un gas de efecto invernadero más poderoso que el CO₂. Y la progresiva desaparición del casquete de hielo ártico debido a la prolongación de los veranos —aproximadamente la mitad ya ha desaparecido— será como eliminar un inmenso aparato de aire acondicionado del hemisferio norte de la Tierra. Ello calentará el clima todavía más y podría significar el fin de la capa de hielo de un millón de años que cubre Groenlandia, que contiene suficiente agua para elevar más de siete metros el nivel del mar en todo el planeta.⁴

No sabemos cuándo se alcanzará este punto de inflexión, o si ya hemos llegado a él, pero está claro que un cambio ecológico de esta magnitud provocaría unas perturbaciones sin precedentes en las economías del mundo. Un estudio sin precedentes de 2006, dirigido por el antiguo director del departamento de economía del Banco Mundial, Nicholas Stern, concluía que el cambio climático podría reducir la producción económica mundial entre un 5 y un 20%. Y en su libro de 2007, *The Age of Turbulence* (La Era de la Turbulencia), el destacado economista y defensor del libre mercado Alan Greenspan incluye el cambio climático como uno de los cinco factores que podrían hacer descarrilar la economía de EEUU en el siglo XXI. La naturaleza desigual y perturbadora de estos cambios podría desatar una crisis más grave aún, a medida que los conflictos en el seno y entre distintas sociedades socaven su estabilidad.⁵

Durante 2006 la quema de combustibles fósiles liberó a la atmósfera 8.000 millones de toneladas de carbono —casi un millón por hora—, representando el carbón y el petróleo aproximadamente un 40% de estas emisiones respectivamente y el gas natural el resto. La fabricación de cemento emitió casi otros 350 millones de toneladas, mientras que la deforestación y la agricultura liberaban unos 1.600 millones. Las emisiones mundiales de carbono procedentes de los combustibles fósiles se han multiplicado por cinco desde 1950 y han aumentado un 30% sólo desde 1990. En la actualidad, los combustibles fósiles proporcionan las cuatro quintas partes de la energía que alimenta la economía global.⁶

La quema de combustibles fósiles a esta escala constituye un inmenso y arriesgado experimento con la biosfera del planeta Tierra; los científicos no están seguros todavía cuando cruzaremos el umbral invisible pero catastrófico del no retorno, pero hay evidencias crecientes que sugieren que podemos estar acercándonos. El director del Instituto de Estudios

Espaciales Goddard de la NASA, James Hansen, es uno de los cada vez más numerosos científicos expertos en clima que consideran que el mundo debería hacer todos los esfuerzos posibles para evitar que la concentración atmosférica de CO₂ supere las 450 partes por millón y la concentración real (incluyendo metano y gases traza) las 500 partes por millón. Con ello el aumento de la temperatura media mundial se limitaría a entre 2,4 y 2,8 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales. El aumento es hasta ahora de algo menos de 0,8 grados centígrados.⁷

Para mantener el clima dentro de los márgenes de oscilación del último millón de años, la tendencia actual de las emisiones tendría que invertirse muy rápidamente, según los complejos modelos utilizados por los científicos incluidos en el informe del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y publicados a principios de 2007. El escenario del IPPC, que más se aproxima a los posibles límites ecológicos, sugiere que las emisiones globales de carbono tendrían que tocar techo antes de 2020 y reducirse el ritmo actual de emisión entre un 40 y un 70% para 2050, disminuyendo con el tiempo a cero.⁸

La magnitud del desafío es evidente cuando la evolución de las emisiones requerida para mantener la concentración atmosférica de carbono por debajo de las 450 partes por millón se compara con la tendencia actual (véase tabla 6-1). El Departamento de Energía de EEUU pronostica que el consumo energético y las emisiones de carbono aumentarían casi un 60% para 2030 —un ritmo medio anual de 1,8%. Ello supon-

Tabla 6-1. Consumo de energía y emisiones de carbono mundiales en 2006 y en 2050 en dos escenarios

Indicador	2006	2050	
		Tendencia actual	Escenario de estabilización
Concentración CO ₂ (partes por millón)	382	~550	<450
Energía (miles de millones de toneladas de petróleo equivalente)	12	22	<16
Emisiones de carbono asociadas a la energía (miles de millones de toneladas)	8	16	4

Fuente: Véase nota n° 9.

dría un volumen de emisiones de casi 12.000 millones de toneladas en 2030 y, presumiendo un crecimiento constante a este ritmo, de cerca de 16.000 millones de toneladas en 2050 —casi cuatro veces las emisiones anuales de 4.000 toneladas requeridas para mantener la concentración de CO₂ por debajo de las 450 partes por millón.⁹

El desafío se complica por el hecho de que las necesidades energéticas de países pobres como la India y China han aumentado aceleradamente en los últimos años, a medida que entraban en fases de desarrollo con mayor demanda de energía —construyendo industrias e infraestructuras a un ritmo asombroso. Los países industrializados, con menos del 20% de la población mundial, produjeron en 2006 aproximadamente el 40% de las emisiones mundiales de carbono y son responsables de más del 60% del dióxido de carbono total añadido a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles desde el inicio de la Revolución Industrial. Pero este panorama está cambiando actualmente con gran rapidez, particularmente en China, donde las emisiones están creciendo un 10% anual —diez veces el ritmo medio de los países industrializados. En 2006 las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles en China eran sólo un 12% inferiores a las de EEUU —y están aumentando velozmente (véase tabla 6-2). También están creciendo las emisiones en Oriente

Tabla 6-2. Emisiones de carbono asociadas a la energía en países seleccionados, 2006.

País o región	Emisiones de carbono*	Emisiones de carbono per cápita	Emisiones de carbono por dólar de PIB
	(millones de toneladas)	(toneladas)	(kilos por 1.000 US\$ de PIB (PPP))
Estados Unidos	1.600	5,3	120
China	1.400	1,1	140
Europa Occidental	930	2,2	71
India	400	0,4	97
Japón	330	2,6	78
África	300	0,3	130
Mundo	8.000	1,2	120

*N incluye las emisiones resultantes de la producción de cemento, de la quema de gases en refinerías y tras instalaciones y de los cambios en el uso del suelo.

Fuente: véase nota al pie N° 10.

Medio, donde el rápido crecimiento de la población, el aumento de la riqueza debido al petróleo y a unos precios muy bajos subvencionados, han disparado la demanda de energía.¹⁰

En la Cumbre Económica del G-8 celebrada en Alemania en junio 2007, Canadá, Francia, Alemania, Italia y Japón reclamaron una reducción del 50% de las emisiones globales para 2050 —acorde con la trayectoria requerida para mantener las concentraciones atmosféricas por debajo de las 450 partes por millón. Aunque Rusia y Estados Unidos se abstuvieron de firmar esta parte de la declaración final, es evidente que la necesidad de una reducción drástica de las emisiones está siendo aceptada cada vez por más dirigentes políticos y científicos. Se trata de un objetivo ambicioso y conseguirlo significará invertir la tendencia actual de incremento de las emisiones de dióxido de carbono, una tendencia que se prolonga ya durante más de siglo y medio.¹¹

Proporcionar servicios energéticos a una economía mundial mucho mayor en 2050 a la vez que se reducen las emisiones a 4.000 millones de toneladas de carbono, requerirá un sistema energético muy diferente del actual. Para que el mundo en su conjunto reduzca a la mitad las emisiones en 2050, los actuales países industrializados tendrán que rebajar las suyas en más de un 80%. En una estrategia de lucha contra el cambio climático, alcanzar este objetivo depende de tres elementos: capturar y almacenar el carbono contenido en los combustibles fósiles, reducir el consumo de energía a través de nuevas tecnologías y estilos de vida y cambiar a tecnologías libres de carbono.¹²

En teoría, diversas combinaciones de estas tres estrategias podrían permitir alcanzar el objetivo. Los científicos de Princeton, Robert Socolow y Stephen Pacala, han desagregado la tarea pendiente en 15 «cuñas» de reducción de emisiones de 1.000 millones de toneladas entre las que los políticos pueden escoger, incluyendo opciones de ahorro energético y medidas como la construcción de enormes parques eólicos. La cuestión clave es qué combinación de estrategias minimizará la considerable inversión necesaria, proporcionando al tiempo un sistema energético seguro, saludable y duradero.¹³

Prescindir progresivamente del petróleo, el combustible fósil más importante en la actualidad, puede que resulte la parte más fácil de esta empresa. Está previsto que la producción de petróleo convencional toque techo y empiece a declinar en la próxima década o en la siguiente. Para 2050, la producción podría haber bajado un tercio o más respecto al nivel actual. Mientras tanto, es probable que crezca la dependencia en gas natural, menos explotado que el petróleo y que libera la mitad de carbono que el carbón por unidad de energía producida.¹⁴

Pero la disminución en el ritmo de hallazgos de yacimientos de petróleo y de gas natural está empujando a los mercados energéticos hacia combustibles fósiles más sucios e intensivos en carbono. El mayor problema para el clima mundial es el carbón, más abundante y con más proporción de carbono que el petróleo, y las fuentes «no convencionales» de energía como las arenas y pizarras bituminosas, cuya explotación está empezando a ser viable económicamente a los precios actuales del petróleo.

El papel central que juega el carbón en el problema del clima mundial ha llevado a los responsables de las decisiones políticas y a la industria a poner énfasis en la denominada captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés). Aunque es probable que esto sea posible únicamente para usos muy grandes y centralizados de combustibles fósiles, muchos planificadores energéticos cuentan con ello. Esperan poder construir una nueva generación de centrales eléctricas equipadas con dispositivos que capturan el carbono antes o después de la quema de los combustibles fósiles, y que inyectan el CO₂ bajo tierra en reservorios geológicos o en las profundidades del océano, donde podría permanecer, en principio, durante millones de años.

El carbón puede gasificarse (como ya se hace en algunas centrales de última generación), separando el CO₂ de los demás gases, o puede quemarse directamente en una planta supercrítica de carbón pulverizado, que también permite capturar el dióxido de carbono. Existen tres importantes proyectos CCS en funcionamiento en Argelia, Canadá y Noruega. Las instalaciones de Argelia y de Noruega se limitan a capturar el CO₂ que se extrae con el gas natural, lo que es mucho más fácil que capturar CO₂ de la combustión de carbón. Las instalaciones de secuestro de Weyburn (Canadá), que captura CO₂ procedente de una planta de gasificación de carbón, ofrecen una demostración práctica mejor de la viabilidad técnica de esta opción. Sin embargo, estas instalaciones avanzadas no han pasado por los estudios de modelos, seguimiento y verificación necesarios para resolver muchas de las cuestiones técnicas pendientes.¹⁵

Estados Unidos, la Unión Europea, Japón y China han iniciado en los últimos años programas CCS financiados por sus gobiernos, pero el ritmo de estos programas es sorprendentemente lánguido, dada la urgencia del problema climático y el hecho de que gran parte de la industria de generación eléctrica espera que la tecnología CCS les permita seguir dependiendo de los cientos de centrales alimentadas con carbón que hoy suministran más del 40% de la electricidad del mundo. Un estudio de 2007 del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT) ha

llegado a la conclusión de que el principal programa de demostración de CCS a gran escala del Departamento de Energía de EEUU no está lo suficientemente avanzado como para permitir una comercialización rápida de las tecnologías clave. Localizar, realizar pruebas y autorizar reservorios a gran escala para almacenar dióxido de carbono es una tarea particularmente urgente.¹⁶

Teniendo en cuenta el dilatado plazo requerido para el desarrollo y demostración de esta tecnología, no se puede esperar que hasta 2020, como muy pronto, entre en funcionamiento un número significativo de centrales de carbón sin emisiones de carbono. Tampoco es posible garantizar que las centrales CCS puedan competir con otro tipo de fuentes de energía libres de carbono que probablemente hayan salido al mercado para entonces. Pero la cuestión principal es si no sería demasiado tarde, teniendo en cuenta los cientos de nuevas centrales eléctricas alimentadas con carbón que están siendo planificadas actualmente en China, Estados Unidos y otros países. Si queremos abrigar alguna esperanza de reducir a la mitad las emisiones de carbono para 2050, es difícil no llegar a la conclusión de que será preciso eliminar la combustión incontrolada del carbón y, además, cuanto antes. Mientras tanto, un número creciente de expertos en clima está pidiendo una moratoria en la construcción de nuevas centrales eléctricas alimentadas con carbón hasta que la tecnología CSS esté disponible.

Una verdad conveniente

Muchos ejecutivos de la industria energética objetan que reducir las emisiones de carbono con la rapidez a la que exhortan actualmente los científicos supondría arriesgarnos a un colapso económico. En opinión de muchos, las alternativas disponibles son sencillamente excesivamente limitadas, poco fiables y caras para constituir la solución. Por ejemplo, el vicepresidente estadounidense Dick Cheney describía en 2001 el ahorro energético como una «consideración moral», sin suficiente importancia para desempeñar un papel relevante en las propuestas de política energética que en aquel entonces estaba desarrollando. El Consejo Mundial de la Energía, que representa a las grandes empresas que dominan la economía energética actual, ha declarado en 2007 que las energías renovables «tienen enormes problemas prácticos. Es poco probable que puedan resolver el desafío de la *decarbonización* de la electricidad con suficiente rapidez para afrontar el cambio climático».¹⁷

Pero una revisión minuciosa de los estudios que evalúan el potencial de las nuevas opciones energéticas, así como el rápido avance que se está dando en innovación tecnológica y en políticas, indican lo contrario. Tanto las mejoras en productividad energética como la energía procedente de fuentes renovables son hoy abundantes —y las nuevas políticas y tecnologías están consiguiendo rápidamente que sean competitivas económicamente con los combustibles fósiles. Combinadas, estas opciones energéticas representan la alternativa más sólida al actual sistema energético, con capacidad para proporcionar los diversos servicios energéticos que demanda la economía moderna. Dada la urgencia del problema climático, no cabe duda de que ello es muy conveniente.

El primer paso para determinar la viabilidad de una estrategia energética segura, en términos de cambio climático, es evaluar la disponibilidad de recursos y el papel que podrían desempeñar. Los estudios demuestran que disponemos de una amplia base de recursos; los principales factores que limitan el ritmo de cambio son el desafío económico que supone acelerar las inversiones en energías alternativas y el reto político de superar las barreras institucionales a dicho cambio.

La productividad energética mide la capacidad de una economía de proporcionar servicios útiles a partir de la energía producida. Desde los primeros tiempos de la Revolución Industrial, la productividad energética ha avanzado constantemente; en Estados Unidos, la economía ha crecido un 160% desde 1973, mientras que el consumo energético ha aumentado un 31%, duplicando la productividad energética del país en este período. Alemania y Japón han conseguido incrementos comparables, a pesar de su mayor nivel de productividad inicial. Pero bastante más de la mitad de la energía producida se pierde todavía hoy día en forma de calor residual, en vez de utilizarse para satisfacer las necesidades energéticas.¹⁸

Ello sugiere que es enorme el potencial de mejora de la productividad energética en las próximas décadas. Bombillas, motores eléctricos, aires acondicionados, automóviles, centrales eléctricas, ordenadores, aviones y edificios son algunos de los cientos de sistemas y tecnologías que pueden hacerse mucho más eficientes, en muchos casos extendiendo el uso de tecnologías ya disponibles —como las bombillas fluorescentes y los vehículos híbridos. Se podría mejorar la productividad energética, todavía más, modificando el diseño de las ciudades —aumentando el transporte público y los trayectos a pie y en bicicleta, y reduciendo la dependencia del coche.

Un estudio global del potencial de mejora de la productividad energética realizado por el McKinsey Global Institute concluía que el

ritmo de mejora anual podría incrementarse del 1 al 2% hasta 2020, lo que reduciría el aumento mundial de demanda energética a sólo un 1% anual. Si estas mejoras se prolongan hasta 2050, el crecimiento del consumo energético mundial podría mantenerse en alrededor un 50%, en lugar de multiplicarse por dos como prevén la mayor parte de los escenarios tendenciales. Esta gran diferencia equivale a la suma del consumo energético actual de Europa, Japón y Norteamérica.¹⁹

El mayor potencial de mejora reside en el elemento más básico de la economía energética —los edificios—, que podrían desarrollar mejoras de aislamiento, iluminación más eficiente y aparatos eléctricos mejores, con un coste que sería más que compensado por el ahorro en la factura eléctrica. Con las tecnologías disponibles hoy en día, como las bombas de calor geotérmicas que reducen en un 70% las necesidades energéticas de calor y de frío, es posible construir edificios con una demanda cero de energía, que no requieren combustibles fósiles. Todas las regiones tienen un potencial de mejora de la productividad energética sin explotar, pero los países en desarrollo, donde se suele partir de una productividad menor, tienen mayores posibilidades. Las mejoras futuras en la productividad energética no sólo reducirán el consumo de combustibles fósiles, sino que harán que sea más fácil y más asequible incrementar la utilización de fuentes de energía sin emisiones de carbono.²⁰

En lo referente a la oferta, una de las fuentes de energía postcarbono que recibe más atención actualmente es la energía nuclear, que desempeña ya un importante papel en algunos países, pero cuya expansión se enfrenta a obstáculos considerables en las próximas décadas (véase cuadro 6-1). Las energías renovables, por el contrario, dependen de dos fuentes energéticas primarias abundantísimas: la luz del sol y el calor almacenado bajo la superficie de la Tierra. Los rayos solares que llegan a la superficie terrestre en sólo dos horas equivalen al consumo energético humano total de un año. Aunque gran parte de la luz solar se transforma en calor, también es el origen de la energía del viento, hidráulica, de las olas y de la biomasa, potencialmente aprovechables para uso humano. La humanidad nunca llegará a necesitar más que una pequeña parte de ese enorme flujo diario y renovable de energía.²¹

Varios estudios han evaluado la magnitud de los recursos renovables más importantes y en qué medida podrían contribuir a la economía energética algún día. Un estudio del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos, por ejemplo, concluía que la construcción de centrales solares térmicas en siete estados del país podría suministrar una energía equivalente a casi siete veces la actual capacidad de producción eléctrica de todas las fuentes. Y la instalación de placas

Cuadro 6-1. ¿Y qué hay de la energía nuclear?

La energía nuclear es, en gran medida, una fuente de energía libre de emisiones, que en teoría podría ayudar a eliminar progresivamente los combustibles fósiles. Más de 300 centrales nucleares operan en la actualidad el 15% de la electricidad mundial. Pero esta fuente de energía enfrenta una serie de problemas, fundamentalmente su elevación de costos y el rechazo de la población, que han paralizado su desarrollo durante más de 20 años en la mayor parte de Europa y de Norteamérica. Durante la década pasada, la capacidad global de generación nuclear ha aumentado a un ritmo menor del 1% anual; en 2006, la capacidad nuclear creció en el mundo 1 gigawati, mientras que la eólica creció 15 gigawati.

En la actualidad se están haciendo importantes esfuerzos por revitalizar la industria nuclear, impulsada por una serie de factores: precios elevados del gas natural, preocupación por el cambio climático y una buena dosis de nuevas subvenciones gubernamentales. Los avances tecnológicos han hecho que varias compañías desarrollen diseños de centrales ligeramente mejoradas, encaminadas a hacer las centrales más fáciles de construir, menos propensas a accidentes y más baratas. Las innovaciones más importantes son la normalización de diseños y la simplificación de los procedimientos de autorización. Hasta la fecha, hay diez centrales nucleares en construcción en Europa, varias en China y Estados Unidos prevé hasta 32 encargos de plantas hasta finales de 2008. Lamentablemente para la industria, cada compañía está promoviendo un diseño distinto, limitando las posibilidades de normalización.

Es demasiado pronto para saber si estas centrales serán lo suficientemente económicas como para desatar una nueva ola de construcciones. La construcción del primer reactor europeo nuevo, en Finlandia, lleva dos años de retraso y su presupuesto se ha rebasado ya en más de 1.000 millones de dólares. Un estudio realizado por un panel del Centro Keystone compuesto por académicos, expertos en energía y representantes de la industria, calculaba el costo de la nueva energía nuclear en 8-11 céntimos de dólar por kilowati hora —más cara que el gas natural y que la procedente de aerogeneradores. Y debido a los grandes requerimientos de capital y al dilatado plazo para su puesta en producción, las centrales nucleares conllevan un factor añadido de riesgo que otras fuentes no tienen.

Los planes energéticos tendrán que considerar asimismo la escala y el ritmo de construcción que se requeriría para que la energía nuclear influyera de forma decisiva en el problema del cambio climático. Un equipo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT) calcula que sería necesario construir de 1.000 a 1.500 reactores nuevos hasta 2050 para que las nucleares desempeñaran un papel significativo en la reducción de las emisiones globales, a un ritmo de construcción 20 veces más rápido que el de la década pasada y cinco veces mayor que el máximo alcanzado por la industria nuclear en los años 80.

Muchos defensores de la energía nuclear sostienen que es preciso impulsarla, dada la urgencia de tomar medidas contra el cambio climático. La rapidez, sin embargo, no es precisamente una de las virtudes de la industria nuclear. Planificar, tramitar la autorización y construir una sola central nuclear precisa habitualmente al menos una década, y es frecuente que las construcciones incumplan los plazos de entrega de las obras. Debido a la escasez de pedidos de las últimas décadas, en la actualidad existe en el mundo muy poca capacidad de fabricación de muchos de los componentes cruciales de las centrales nucleares. Recuperar esta capacidad llevará una década más.

Fuente: Véase nota nº 21.

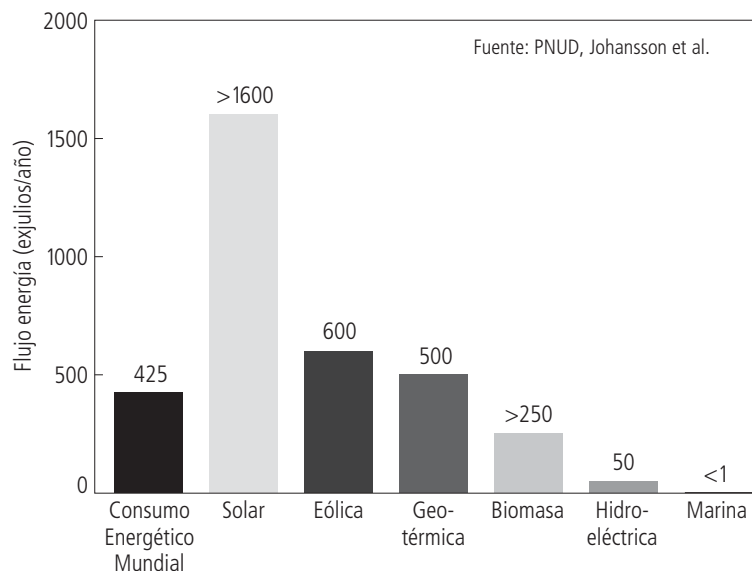
solares en sólo la mitad de la superficie de tejados apropiada para ello podría suministrar el 25% de la electricidad estadounidense. En cuanto a la eólica, según el Laboratorio del Noroeste del Pacífico los recursos eólicos terrestres de Kansas, Dakota del Norte y Texas podrían satisfacer la totalidad de las necesidades eléctricas del país, incluso excluyendo grandes zonas por razones ambientales.

Estos estudios demuestran que la disponibilidad de recursos no será un factor limitante, a medida que el mundo intenta sustituir los combustibles fósiles. Con mejores tecnologías, una mayor eficiencia y costes más bajos, algún día las energías renovables podrían sustituir prácticamente a los combustibles basados en carbono, tan vitales para la economía actual (véase gráfico 6-2 y tabla 6-3).²²

Diseñar una nueva economía energética

El mayor obstáculo para una adopción generalizada de las fuentes de energía renovables es acoplarlas a un sistema energético diseñado para los combustibles fósiles, que tienen la ventaja de ser una fuente muy concentrada y de fácil almacenamiento. Para descarbonizar seriamente

Gráfico 6-2. Recursos energéticos estimados disponibles utilizando las actuales tecnologías



la economía energética, es preciso encontrar la manera de suministrar energía a todo el sistema —desde el transporte hasta las últimas novedades de la electrónica— a partir de fuentes aparentemente efímeras como la solar y la eólica.

La electricidad constituye el elemento más importante del sistema energético actual, esencial para la iluminación, la refrigeración, la electrónica y muchos procesos industriales. Su importancia tenderá a aumentar a medida que las nuevas tecnologías permitan conectar a la red eléctrica coches híbridos y calentar y refrigerar viviendas eficientemente mediante bombas de calor geotérmicas. Resulta que la electricidad se produce, además, en plantas que son el mayor contribuyente al cambio climático y el más fácilmente sustituible: las centrales de carbón. Es una suerte, por tanto, que se pueda producir electricidad a partir de la energía solar, eólica, geotérmica, oceánica y la biomasa.

Desde el punto de vista de la generación, la principal desventaja de estas fuentes de electricidad es su intermitencia —la eólica y la solar,

Tabla 6-3. Contribución potencial estimada de los recursos energéticos renovables

Fuente de energía	Contribución potencial
Centrales de energía solar	Podrían suministrar el 10% del suministro mundial de electricidad
Plantas solares	Podrían generar el 10% del suministro de la red eléctrica de EEUU para 2030
Centrales eléctricas solares	La capacidad de generación solar de 7 estados del suroeste de EEUU es de más de 7.000 gigavatios —casi 7 veces la capacidad de generación estadounidense de todas las fuentes
Energía eólica	Podrían suministrar el 20% de la electricidad mundial; la totalidad de las necesidades eléctricas de la Unión Europea podrían satisfacerse con parques eólicos marinos
Biomasa	En EEUU se podrían disponer de 1.000 millones de toneladas de productos energéticos en 2025, sustituyendo el tercer porcentaje del consumo actual de petróleo
Central geotérmica	Podrían aportar 100 gigavatios de capacidad de generación solar en EEUU
Energía térmica de las lavas y de las cenizas	Alargaplaz su contribución podría ser del mismo orden de magnitud que el consumo energético mundial.

Fuente: Véase el número 22.

por ejemplo, suelen estar disponibles solamente entre un 25-40% del tiempo, dependiendo de la tecnología y su ubicación. Sin embargo, la intermitencia no resulta un problema tan importante para las energías renovables como suponían antaño los ingenieros de las eléctricas. Las compañías eléctricas ya están acostumbradas a responder a fluctuaciones en la demanda, e incluso las centrales convencionales cierran algunas veces de forma imprevista. La intermitencia, por tanto, no es un nuevo concepto, aunque sí requiere una cierta planificación y estar dispuestos a adaptar el funcionamiento de la red a medida que aumenta el grado de penetración de las renovables.

Las empresas eléctricas cuentan ya en algunas regiones con cierta experiencia en gestionar redes que distribuyen energía procedente de un número considerable de aerogeneradores. En EEUU, varias empresas han descubierto que cuando un 10% del pico de demanda eléctrica se cubre con energía eólica, se requieren únicamente pequeñas rectificaciones en el funcionamiento de la red. Y en algunas regiones del norte de Europa, donde la eólica aporta más de un 20% del máximo suministro eléctrico, se requiere únicamente un cierto fortalecimiento de las redes y ligeras adaptaciones en el funcionamiento de otras fuentes de generación. Las redes que cuentan con una capacidad de producción hidroeléctrica importante pueden aumentar la generación siempre que lo necesitan, pero la mayor parte utiliza generadores de gas para incrementar el suministro cuando hay un pico de demanda, o cuando otras fuentes de generación no están funcionando. Fortalecer la capacidad de predicción del tiempo e interconectar los parques eólicos dispersos también permite a las empresas de distribución evitar la mayor parte de los problemas asociados a una gran dependencia eólica.²³

A medida que se reduzca la dependencia en carbón durante las próximas décadas, es probable que muchas regiones superen el umbral del 20% de generación procedente de eólica, solar y otras fuentes intermitentes de energía. Para ello pueden optar por una combinación cualquiera de tres estrategias: añadir capacidad de generación local utilizando microturbinas y pilas de combustible, utilizar redes digitales «inteligentes», con mayor flexibilidad en cuanto se refiere a equilibrar demanda y suministro, y desarrollando capacidad de almacenar energía económicamente para que esté disponible cuando se necesite.

Las redes digitales permitirían al sistema eléctrico funcionar de forma parecida a las redes de internet —una red controlada electrónicamente que responde en tiempo real a las decisiones de los usuarios, proporcionando el mismo tipo de eficiencia, interconexión y precisión que los dispositivos digitales a los que alimenta. Una ventaja de este tipo

de sistema es que el contador eléctrico puede ser transformado en un portal para consumidores que transmite instantáneamente información sobre precios, permitiendo apagar los aparatos cuando suben o cuando el suministro no procede de fuentes renovables. Kart Yeager, que dirige la Galvin Electricity Initiative, considera que la introducción de redes de distribución digitales mejorará la capacidad de conseguir mayores niveles de utilización de fuentes renovables intermitentes.²⁴

La capacidad para almacenar energía también se está desarrollando rápidamente. El deseo de los gestores de parques eólicos de poder acceder a los «créditos de capacidad» obtenidos por generar electricidad durante los picos de demanda ha llevado a algunos a estudiar alternativas de almacenamiento, principalmente en forma de aire comprimido, que puede mantenerse en tuberías subterráneas de acero o en determinadas formaciones geológicas. Una compañía tiene previsto montar un compresor bajo la estructura que aloja los componentes del generador y hacer que el aire comprimido baje por la torre, almacenándolo bajo tierra; cuando se necesita electricidad, el compresor funciona al revés, generando electricidad. TXU, una de las grandes eléctricas de Texas, abandonó recientemente sus proyectos de construcción de ocho centrales de carbón y está pensando en sustituirlas por un parque eólico de 3.000 megavatios —mayor que los que había en funcionamiento— que puede que incluya mecanismos de almacenamiento por aire comprimido.²⁵

El desarrollo de baterías menos caras y de más larga duración facilitará todavía más una mayor utilización de las energías renovables. Los aparatos electrónicos portátiles y los vehículos híbridos eléctricos están aumentando rápidamente la demanda de baterías de última generación de níquel e hidruro metálico y de litio; a medida que se abarate y se generalice este tipo de baterías, permitirán a las compañías eléctricas y a los consumidores complementar la generación micro-solar dispersa con almacenamiento disperso. Y la introducción por General Motors y Toyota en los próximos años de coches híbridos, cuyas baterías se pueden recargar en un enchufe, permitirá que los automóviles funcionen con energía solar y eólica así como con biocarburantes renovables, pudiéndose conectar a la red y utilizarse como «centrales punta» cuando la demanda sea alta.²⁶

La nueva generación de microgeneradores que está siendo desarrollada ayudará también a unas redes de distribución eléctrica flexibles y seguras. Generadores de gas de pequeño tamaño, motores Stirling y pilas de combustible pueden producir fácilmente la tercera parte del suministro eléctrico total, aprovechándose el calor residual en los edificios donde están instalados. Y a diferencia de las grandes centrales que

dominan la generación eléctrica actual, los microgeneradores tienen una gran capacidad de respuesta rápida a las oscilaciones de demanda. A largo plazo, el gas natural que fluye actualmente por las tuberías de gas del mundo puede que sea sustituido por hidrógeno o por amoníaco producido a partir de una amplia gama de recursos renovables.

La posibilidad de integrar nuevos recursos energéticos en la infraestructura energética existente acelerará la transición y reducirá los costes. La energía eólica ya está siendo incorporada a muchas redes de distribución, y también se está añadiendo etanol a la gasolina. En Brasil, la mayor parte de los vehículos nuevos están preparados para funcionar con una mezcla de etanol y de gasolina. En Alemania, los productores locales han empezado a añadir biogás (metano) a las tuberías de gas natural. Y en Japón muchos propietarios de vivienda están generando electricidad con células fotovoltaicas, produciendo electricidad para la red de suministro local y extrayéndola en determinados momentos.²⁷

La economía del cambio

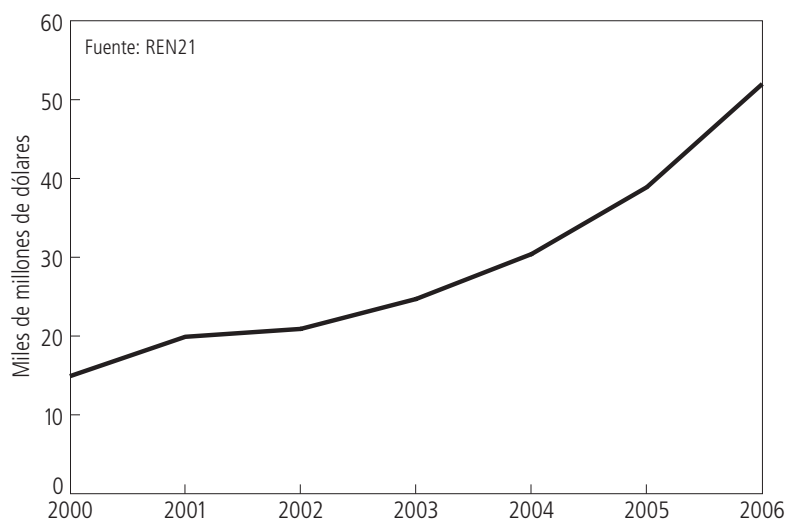
Cuando se encontró petróleo por primera vez en Pennsylvania, en la década de 1860, se trataba de un producto con muy poca utilidad: mucho más caro que el carbón y completamente inútil para el transporte hasta el desarrollo de refinerías y del motor de combustión interna. Incluso cuando se empezó a generalizar el uso del petróleo para iluminación, a finales del siglo XIX, era inconcebible pensar que se convertiría en la principal fuente de energía —y mucho menos que transformaría la economía global.

La historia de la transformación de la economía sigue un curso que resulta familiar. Las tecnologías y los negocios dominantes suelen ser fiables y económicos, y con el tiempo desarrollan una red de apoyos institucionales y políticos que les permiten resistirse a los cambios eficazmente. Las nuevas tecnologías y negocios empiezan generalmente ocupando un nicho de un mercado más amplio, ofreciendo servicios más caros que satisfacen necesidades especializadas. Con el tiempo, el nuevo competidor se hace más económico y amplía su cuota de mercado, abaratando costes hasta competir con ventaja con la tecnología dominante, y remodelando gradualmente la infraestructura institucional para adaptarla a sus necesidades. Frecuentemente, la transición de una generación de tecnología a la siguiente es gradual al principio, acelerándose a medida que las ventajas económicas empiezan a jugar a su favor.

En opinión de muchos, el sector energético está todavía lejos de este tipo de transformación. Las nuevas fuentes de energías renovables representan menos del 2% del total del suministro energético, y en 2007 el apoyo del gobierno de EEUU al I+D en renovables ascendía a poco más de 600 millones de dólares —aproximadamente lo que el gobierno se gasta en Iraq en un sólo día. Pero estas cifras no reflejan la reciente inyección de capital y de tecnología del sector privado, ni el hecho de que los pioneros de las energías renovables, hoy día, no son sólo el sector de las «tecnologías energéticas», sino que vienen de campos tan diversos como la física de semiconductores, la biotecnología, la aerodinámica y la ingeniería informática.²⁸

A lo largo de los cinco últimos años, la fabricación de aerogeneradores ha crecido un 17% anual y la de células fotovoltaicas a un ritmo del 46% anual. Este rápido crecimiento ha convertido a estas industrias en negocios lucrativos, con una demanda que supera la oferta y beneficios en rápido ascenso. En 2006 se invirtieron unos 52.000 millones de dólares en energías renovables, un aumento del 33% respecto a 2005 (véase gráfico 6-3). La inversión en energías renovables es ya una cuarta parte de la de la industria petrolera —y le está ganando terreno muy rápidamente. Algunas de las mayores empresas del mundo han realizado importantes inversiones en renovables, incluyendo Applied Materials (fotovoltaica), BP (eólica y fotovoltaica), General Electric (eólica), DuPont

Gráfico 6-3. Inversiones globales en energías renovables, 2000-2006



(biocarburantes), Goldman Sachs (eólica y solar central), Mitsubishi (eólica), Royal Dutch Shell (eólica, hidrógeno y fotovoltaica), Sharp (fotovoltaica), y Siemens (eólica).²⁹

El I+D empresarial en tecnologías de energías limpias alcanzó los 9.100 millones de dólares en 2006. Una sola compañía, Vestas Wind Systems, gastó en 2006 120 millones de dólares en I+D eólica, mientras que el gobierno de EEUU invertía menos de 50 millones de dólares. Incluso estas cifras subestiman el I+D privado, que es frecuente que forme parte de proyectos comerciales, excluyendo también las inversiones en I+D de la empresa privada, financiadas muchas de ellas con capital riesgo y otras formas de inversión en valores. Las inversiones de capital riesgo y en valores en energías limpias ascendieron a un total de 8.600 millones en 2006, un 69% más que en 2005 y diez veces más que en 2001 (véase Capítulo 13). A principios de 2007, estas inversiones habían contribuido a crear 146 nuevas empresas de energías limpias, con nombres como Nanosolar, Celunol, SunPower (FuerzaSolar), E3 Biofuels (Biocarburantes E3) y Miasole, casi todas ellas esforzándose por desarrollar y comercializar nuevas tecnologías energéticas.³⁰

Puede que estas compañías minúsculas revolucionen la industria de las nuevas energías, siguiendo los pasos de compañías como Microsoft y Google, que dominaron el mercado muy pronto frente a competidores más consolidados, aportando niveles de innovación que las grandes empresas rara vez son capaces de lograr.

En Silicon Valley, las energías limpias están contribuyendo a impulsar una recuperación post-puntocom. Aunque es lamentable que no se haya empezado antes a invertir en serio en energías renovables, los conocimientos y tecnologías disponibles actualmente permitirán a la industria alcanzar objetivos de rendimiento y coste que no hubieran sido posibles en el pasado.

Un ejemplo es la fotovoltaica, donde los fabricantes están aplicando multitud de estrategias para reducir las necesidades de materiales, aumentar la eficiencia y rebajar los costes de fabricación de las estructuras cristalinas que dominan este mercado. Otras compañías están desarrollando materiales fotovoltaicos nuevos del grosor de una película, que prometen espectaculares reducciones de coste. Con una demanda de materiales FV que supera la oferta en los dos últimos años, los precios han invertido temporalmente su tendencia habitual a la baja. Pero la industria tiene previsto aumentar su capacidad de fabricación hasta ocho veces en los próximos tres años y es probable una impresionante caída de precios, incentivando el desarrollo de nuevas aplicaciones y la apertura de mercados que no serían factibles hoy día.³¹



Además del avance tecnológico, la economía de las energías renovables se beneficiará del aumento de escala de la producción —el mismo fenómeno que ha hecho que las televisiones, los ordenadores personales y los teléfonos móviles pasen de ser artículos de lujo destinados a una avanzadilla de aficionados a la tecnología con alto poder adquisitivo, a bienes de consumo para un mercado de masas. Un análisis de los costes de producción de varios fabricantes realizado por la consultora Boston Consulting Group concluía que cada vez que la producción acumulada de un aparato manufacturado se multiplica por dos, los costes de producción bajan entre un 20 y un 30%.³²

La producción anual de aerogeneradores se duplica actualmente cada tres años, y la eólica es ya competitiva en EEUU frente a la generación eléctrica en centrales de gas. Y sería competitiva frente a las centrales de carbón si éstas tuvieran que abonar el gravamen sobre CO₂ fijado en Europa, de 32 dólares por tonelada. La generación de electricidad a partir de energía solar cuesta todavía el doble que la suministrada por la red en la mayor parte de los mercados, pero su producción anual se multiplica por dos cada dos años —lo que debería reducir costes a la mitad en los próximos 4 a 6 años.³³



Hacer que los mercados de la energía funcionen



Los avances tecnológicos, la subida de precios de la energía y la creciente adopción de medidas para poner precio a las emisiones de carbono, en muchas regiones del mundo, han creado un mercado extraordinariamente favorable a las nuevas tecnologías energéticas. Sin embargo, alcanzar un punto de inflexión en la economía energética dependerá no sólo de estas sencillas variables, sino de más factores. Prácticamente en todo el mundo los mercados energéticos están muy regulados y son complejos, a menudo ineficientes y rara vez previsibles. El futuro de la economía energética y del clima del mundo en los próximos años estará tremendamente influido por cientos de decisiones sobre políticas adoptadas en el ámbito internacional, nacional y local, y por el hecho de que estas políticas se puedan mantener o no.

Muchos economistas especializados en energía afirman que los combustibles fósiles dominan el mercado hoy día debido a unos costes sustancialmente más bajos comparados con otras alternativas. Ello sugiere que poner precio al carbono —probablemente con un impuesto sobre el dióxido de carbono o una normativa de techo de emisiones como la europea— resolvería el problema del clima. Establecer incen-



tivos correctos vía precios es un paso esencial, pero los límites de esta medida quedan demostrados por el impacto relativamente modesto que ha tenido en el consumo el incremento de 50 dólares del precio del barril de petróleo en los últimos cinco años. Este aumento equivale a un precio del dióxido de carbono de 120 dólares por tonelada; el actual precio de un crédito de carbono en Europa es de 32 dólares por tonelada, mientras que uno de los principales textos legislativos sobre clima que el Congreso de EEUU tendrá que discutir establece un techo de 12 dólares para el precio del carbono —equivalente a 5 dólares por barril de petróleo.³⁴

La visión económica neoclásica presupone un mundo sin fricciones, en el que compradores y vendedores manejan toda la información y capital que necesitan y en el que no existen barreras importantes que frenen la introducción de nuevas tecnologías. Llevada al extremo, la visión económica neoclásica suena a fundamentalismo económico, pues describe una economía idealizada, mecanicista, inexistente en el mundo real. A partir de la década de 1920, la investigación económica ha demostrado que los costes de las transacciones pueden limitar enormemente la eficacia de los mercados, mientras que otras investigaciones sugieren que es frecuente que el comportamiento de las personas no se ajuste a las normas neoclásicas. El economista y Premio Nobel Douglass North ha demostrado que las leyes, costumbres y prioridades sociales influyen enormemente en el funcionamiento de la economía. Sin ellas, la mayor parte de los mercados sería muy ineficiente o no funcionaría.³⁵

Puesto que los mercados de la energía han sido forjados, casi más que ningún otro, por políticas gubernamentales, limitaciones institucionales y el poder de grandes empresas industriales, la simple teoría económica aporta muy poca luz sobre como incentivar el cambio. La industria de generación eléctrica se ajusta particularmente mal al modelo neoclásico, puesto que está muy regulada por los gobiernos con el objetivo de favorecer el desarrollo de sistemas eléctricos grandes y fiables, con una compañía dominando la mayor parte de las redes de distribución local y propietaria en algunos casos de los tendidos además de las centrales eléctricas.

Aunque en general este modelo económico ha conseguido suministrar electricidad a un precio asequible a miles de millones de personas, ha potenciado principalmente la expansión de la oferta, incentivando mucho menos las posibilidades de mejora de la eficiencia energética. La normativa ha favorecido una generación intensiva en combustible a expensas de instalaciones más pequeñas, intensivas en capital. El resultado es un sistema eléctrico que está muy lejos del ideal económico y

que requerirá importantes reformas si se quiere maximizar su eficiencia económica, y aún más si se quiere que asuma las inmensas externalidades ambientales asociadas al cambio climático.

Los beneficios de casi todas las eléctricas vienen determinados por la administración, basándose en el volumen vendido de energía. Esto supone naturalmente que defiendan el crecimiento: cuanta más electricidad compren los consumidores, más ganancias para la empresa. Y mientras lo apruebe la administración, la construcción de una central no entraña riesgos puesto que no existe ningún competidor y el consumidor corre con los costes. La empresa eléctrica tampoco asume muchos riesgos si la central quema un combustible, cuyo precio está sujeto a grandes variaciones, pues los contratos permiten repercutir asimismo el incremento de precio al consumidor.

Aunque en teoría los consumidores debieran ser los primeros interesados en invertir en eficiencia energética siempre que resulte económico, se enfrentan a muchos problemas, entre otros la falta de capital para invertir en medidas de ahorro y falta de información sobre qué inversiones tienen sentido. Ante la falta de demanda, los potenciales fabricantes e instaladores de equipos para mejorar la eficiencia energética tienen pocos incentivos para aumentar la producción o crear negocios que facilitarían este tipo de mejoras.

Una de las formas más fáciles de superar estas barreras del mercado es la adopción de normas obligatorias. Desde la década de los 70, muchos gobiernos exigen que los aparatos domésticos, los motores de los vehículos y los edificios cumplan unos criterios mínimos de eficiencia, y estas normas se están haciendo más rigurosas con el tiempo. Ha llegado el momento de endurecer aún más los estándares, y muchos gobiernos están avanzando rápidamente en ese sentido. Por ejemplo, las normas de eficiencia media de los coches pasarán dentro de poco a ser de 20 kilómetros por litro en Japón y 21 kilómetros por litro en Europa. Y en EEUU el Congreso está estudiando la posibilidad de endurecer este estándar, que lleva más de dos décadas estancado, en 11,7 kilómetros por litro. Otro ejemplo de medidas para exigir mejoras de eficiencia es la legislación aprobada en Australia recientemente para hacer desaparecer progresivamente el uso de casi todas las bombillas incandescentes, sustituyéndolas por bombillas fluorescentes cuatro veces más eficientes.

También se está utilizando la legislación para obligar a la construcción de edificios más eficientes y para exigir la incorporación de las renovables a las redes de suministro eléctrico, así como en los mercados de combustibles líquidos. Varios gobiernos nacionales y 24 estados en EEUU tienen una «cartera obligatoria de renovables» que exigen que

las compañías distribuidoras adquieran una determinada cantidad de electricidad procedente de fuentes renovables. En España, una actualización reciente del Código Técnico de Edificación requiere que todos los nuevos edificios cuenten con sistemas de energía solar térmica para suministrar agua caliente. A partir de abril 2008, el gobierno del estado de Baden-Wurttemberg, en Alemania, exigirá que el 20% de la energía utilizada para calefacción en los nuevos edificios proceda de fuentes renovables. Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea son algunas de las administraciones que exigen una proporción mínima de mezcla de biocarburantes en la gasolina y en el gasoil, promoviendo así su consumo.³⁷

Este tipo de obligaciones puede parchear algunos de los agujeros de la economía de mercado, pero en el mejor de los casos constituye un instrumento poco contundente, que no aprovecha plenamente el poder del mercado para generar cambios. Aunque cumple una función de protección muy útil, que asegura al menos ciertos cambios y que desaparezcan del mercado las peores tecnologías, es también esencial que los mercados recompensen la innovación y las inversiones que se esfuerzan por conseguir el mejor rendimiento posible. Un paso importante, en este sentido, es desacoplar las ganancias de las eléctricas del volumen de energía vendido, introduciendo fórmulas que recompensen un mejor servicio a menor coste. California ha efectuado ya este cambio y como resultado de ello y de otras políticas, los californianos consumen menos de la mitad de electricidad por persona que el resto de los americanos (véase gráfico 6-4).³⁸

El experto en eficiencia energética y antiguo funcionario de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, John Hoffman, ha propuesto una estrategia adicional para incentivar las inversiones en eficiencia: un «puente» que permita a los fabricantes y a los instaladores beneficiarse del ahorro derivado de la instalación de equipamiento más eficiente en los edificios. Ello les motivaría a mejorar las tecnologías constantemente, a trabajar con las eléctricas para acelerar el desarrollo de nuevos mercados, y a aumentar la escala tanto de producción como de instalación, para poder así rebajar costes. Este mecanismo podría utilizarse, asimismo, para potenciar la introducción de tecnologías micro, como la fotovoltaica, así como bombas de calor geotérmicas. Hoffman ha propuesto también un sistema similar para motivar la producción y venta de vehículos más eficientes.³⁹

Los gobiernos europeos han desarrollado otra herramienta económica para incentivar la inversión en energías renovables. A principios de los años 80, Dinamarca decidió reducir su dependencia de la generación

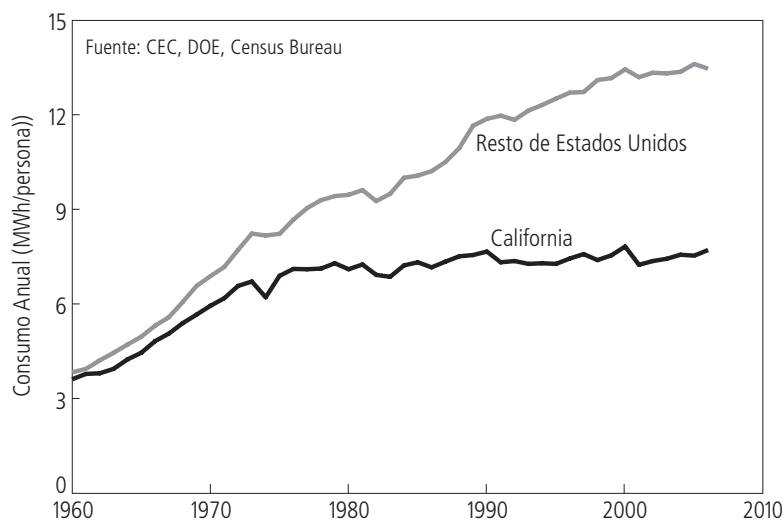
eléctrica alimentada con carbón, promoviendo la incorporación del sector agrícola al negocio eléctrico, a través de la venta de energía eólica y de energía producida a partir de biomasa a las compañías distribuidoras a un precio fijado por el gobierno. Con ello se evitó que las eléctricas cerraran el paso a posibles competidores y se ha conseguido reducir la dependencia de Dinamarca en combustibles fósiles, haciendo que el país sea puntero en la generación eléctrica de fuentes renovables.⁴⁰

Alemania y España adoptaron leyes de acceso al mercado similares en los 90, con lo que estos países han pasado rápidamente a ocupar los primeros puestos en el desarrollo de energías renovables. Con el tiempo, los precios fijados por los gobiernos han sido revisados a la baja, a medida que bajaba el coste de las tecnologías renovables. Como resultado de esta Ley, Alemania está a la cabeza en capacidad de generación fotovoltaica y eólica, a pesar de sus modestos recursos en sol y en viento.⁴¹

El punto de inflexión definitivo

Hay buenas razones para pensar que el mundo puede estar a punto de experimentar una importante transformación de los mercados

Gráfico 6-4. Consumo eléctrico per cápita, California y resto de Estados Unidos, 1960-2006



energéticos. La potente interacción de avances tecnológicos, inversión privada y reformas de las políticas han llevado a un ritmo de cambios desconocido desde que hace un siglo personajes como Thomas Edison y Henry Ford propiciaran la última gran revolución energética. Pero, ¿será esto suficiente? El cambio acelerado y los billones de dólares de inversión que Nicholas Stern calcula que se necesitan para cambiar el curso de los acontecimientos y frenar el cambio climático ¿se harán realidad en los próximos años?⁴²

Es posible que la respuesta a esta pregunta no la encontremos en el desordenado mundo de la economía sino en el más desordenado incluso de la política. ¿Es posible eludir el enorme poder de la industria actual en aras del bien común? El tiempo apremia. Sólo en Estados Unidos se han propuesto 121 centrales eléctricas de carbón. De construirse, podrían llegar a producir 30.000 millones de toneladas de dióxido de carbono a lo largo de los 60 años de su vida útil. Y China está construyendo un número similar de centrales de carbón todos los años.⁴³

Durante el año 2007 se ha asistido a indicios crecientes de que los años de parálisis política en lo concerniente al cambio climático podrían estar tocando a su fin, espoleados por las advertencias científicas y la preocupación ciudadana. Uno de los indicadores de este cambio es la oposición local y nacional de los ambientalistas a muchas de las centrales de carbón previstas, algunas de las cuales ya han sido descartadas. Alemania ha anunciado recientemente que en 2018 cerrará una industria de carbón que lleva siglos en producción. Especial mención merecen varios acontecimientos políticos sucedidos durante 2007, con un enorme potencial de cambio:

- 27 grandes empresas estadounidenses —desde Alcoa y Dow Chemical hasta Duke Energy, General Motors y Seros— han anunciado su apoyo a una normativa nacional sobre emisiones de CO₂.
- La Unión Europea se ha comprometido a reducir sus emisiones de dióxido de carbono para 2020 hasta un 20% menos del nivel registrado en 1990, y los estados miembros están ampliando sus programas de eficiencia energética y de renovables para cumplir con estos objetivos.
- China ha anunciado su primera política nacional sobre el clima, comprometiéndose a fortalecer sus programas de eficiencia y de renovables y reconociendo que sus anteriores políticas eran insuficientes.
- 17 estados de EEUU han iniciado la regulación de las emisiones de CO₂, intensificando las presiones en este sentido sobre el Congreso



estadounidense, que está estudiando la posibilidad de adoptar una normativa nacional.

- Brasil ha reconocido la amenaza que supone el cambio climático para el sector agrícola y el forestal, de importancia económica crucial para el país, reafirmandose en su compromiso de fortalecer los acuerdos internacionales sobre cambio climático.⁴⁴

El inicio de las negociaciones sobre un Convenio Internacional sobre el Clima que sustituya el Protocolo de Kioto a partir de 2012, pondrá a prueba la voluntad política de abordar el cambio climático. Las políticas relacionadas con el cambio climático están avanzando más rápidamente de lo que hubiéramos podido imaginar hace unos años. Pero el mundo no ha alcanzado todavía el punto de inflexión política que asegure la transformación económica de gran envergadura requerida. Y está por resolver aún el desacuerdo entre países industrializados y países en desarrollo sobre el reparto de las tareas pendientes.

A medida que la población de todo el mundo empiece a comprender que una economía baja en carbono podría algún día ser más eficaz para cubrir las necesidades humanas que la «cesta energética» actual, aumentará inevitablemente el apoyo a las necesarias transformaciones. Urgencia y visión de futuro constituyen en la actualidad los pilares gemelos de los que depende la esperanza de la humanidad.

