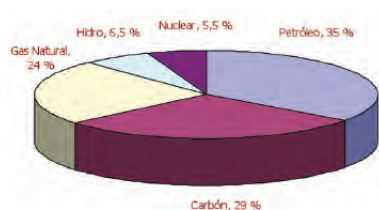


INNOVACIÓN EN ENERGÍA

La contribución de los combustibles fósiles al conjunto de la energía primaria consumida en el mundo a finales de 2008 era del 35% petróleo, 29% carbón y 24% gas natural. En conjunto un 88% del total, lo que, por muchas razones, configura un escenario insostenible incluso a corto plazo. El resto proviene de la energía nuclear, que supone un 5,5% del total, y de las energías renovables, principalmente la hidroeléctrica. Las energías procedentes del viento y del sol tienen hoy una presencia marginal, aunque empiezan a ser significativas en algunos países, singularmente en España (ver fig. 1).

Energía primaria en el mundo, 2008



Energía primaria en España, 2008

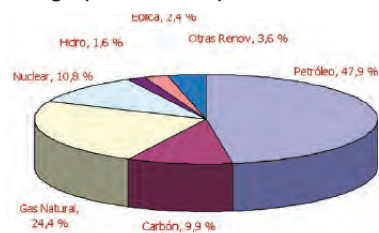
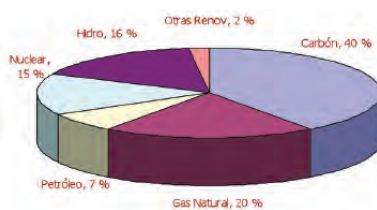


Figura 1. Energía primaria en el mundo y en España. (Fuente: AIE, MITC).

Un cambio significativo en este escenario requiere superar barreras tecnológicas, en unos casos para disminuir los precios y en otros simplemente para alcanzar el nivel de desarrollo industrial. En particular, la fusión nuclear supondrá un gran avance cuando consigamos dominarla, pero pasará aún mucho tiempo antes de que llegue a poder ser explotada comercialmente. No me referiré a ella en lo que sigue debido, precisamente, a lo lejano de su horizonte temporal, aunque es evidente que programas como ITER suponen un esfuerzo con-

Electricidad en el mundo, 2008



Electricidad en España, 2008

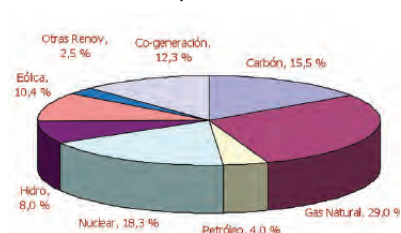


Figura 2. Electricidad en el mundo y en España.

siderable que permitirá su utilización masiva en el largo plazo; demasiado tarde para contribuir a resolver los graves problemas que se presentarán en las próximas décadas.

Una parte importante de la energía primaria es o se transforma en electricidad, cuya procedencia varía mucho de unos países a otros. Sin embargo es un rasgo común la notable presencia del carbón en la generación de electricidad (ver fig. 2), justamente el combustible fósil más contaminante, ya que emite cerca del

doble de dióxido de carbono a la atmósfera por unidad de energía producida que el gas natural, además de compuestos de azufre, nitrógeno y metales pesados. Así que, si queremos seguir utilizando el carbón como fuente de energía, debemos desarrollar procedimientos que eliminen o limiten las emisiones asociadas de CO₂ a la atmósfera. No me extenderé tampoco en este punto, ni en lo que se refiere a la energía de fisión nuclear, esencial, a mi modo de ver, para disminuir en el futuro el peso de los combustibles fósiles, porque hay contribuciones específicas sobre estos campos en este mismo número de la revista.

Los biocarburantes y el sector del transporte

La primera alternativa posible a los derivados del petróleo en el transporte es el uso de biocarburantes, bioetanol y biodiésel. El bioetanol, en particular, se obtiene casi exclusivamente a partir de la caña de azúcar en Brasil y del maíz en Estados Unidos. Pero el etanol fabricado a partir de cereales es la peor solución posible, no sólo por razones de impacto sobre la alimentación, sino por su escaso rendimiento energético. En efecto, la cantidad de energía contenida en un litro de etanol a partir de

La fusión nuclear supondrá un gran avance, pero pasará mucho tiempo antes de que sea explotada comercialmente

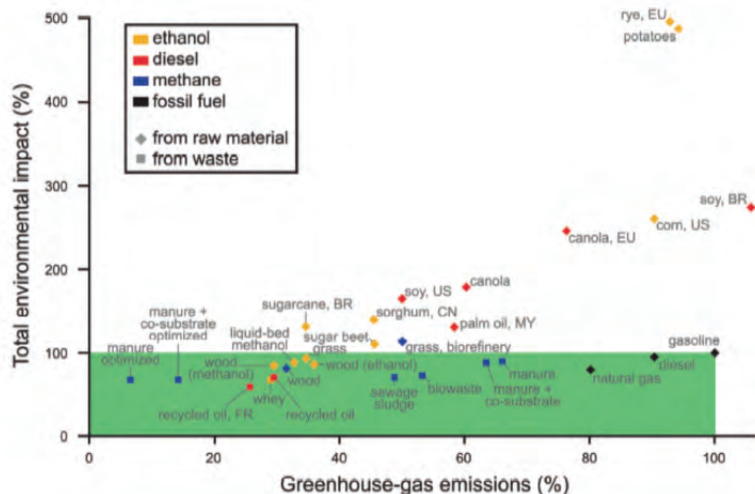


Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero generados en la producción de diversos biocombustibles (eje horizontal) frente a su impacto medioambiental total (eje vertical). Se comparan ambos efectos a partir de distintas biomásas en relación a una unidad energética equivalente de gasolina (que sería el 100%). Rainer Zah et al./Empa.

cereales es apenas superior a la que es necesario gastar en fertilizantes, semillas, cosechas, transporte y tratamiento. Desde el punto de vista energético no es razonable utilizar este tipo de materia prima, además de los problemas ligados al uso del agua y de tierra cultivable.

Por el contrario, el rendimiento energético de la caña de azúcar es muy superior, y todavía lo es más el etanol a partir de lo que se llama biomasa lignocelulósica, presente en plantas leñosas o herbáceas y en residuos orgánicos. Es lo que se llama etanol de segunda generación, sin efectos

sobre la alimentación, con menos costes energéticos y menos contraindicaciones ambientales (ver fig. 3). Sin embargo, la tecnología de producción de biocarburantes de segunda generación no está todavía al nivel de explotación industrial aunque hay ya algunas plantas piloto en las que se están experimentando varios procesos termoquímicos o bioquímicos. Los biocombustibles de segunda generación podrían disminuir la dependencia del petróleo en el sector del transporte, aunque no eliminarla, debido a las limitaciones de biomasa disponible en comparación con los consumos del sector.

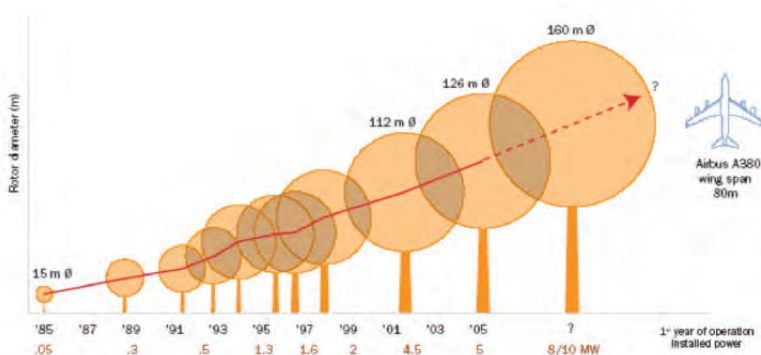


Figura 4. Año en el que se instaló el primer aerogenerador con el diámetro de rotor (en metros) y potencia (en megavatios) que se indica.

Electricidad renovable

Las ventajas de las energías renovables se derivan de su carácter sostenible, ilimitado, muy poco contaminante y su distribución territorial. Los inconvenientes pueden agruparse en dos categorías: elevado coste e intermitencia.

Una de las razones del alto coste de la electricidad renovable se debe a la dispersión de este tipo de energías. Otra parte del coste elevado de las renovables se debe a que la tecnología está todavía en un estadio poco avanzado de desarrollo. Para disminuirlo es preciso construir un mercado de dimensiones globales que abarate la producción de componentes y genere mejoras en la operación y mantenimiento de las plantas renovables.

Este principio se ha mostrado ya eficaz en el caso de la eólica. En efecto, a finales de 2008 ya existía una potencia eólica acumulada en el mundo de 121.000 MW, lo que ha permitido configurar un sector industrial dinámico y en crecimiento en todas las regiones del mundo. Los tres países que cuentan con una mayor potencia instalada son Alemania, Estados Unidos y España, aunque de los tres, y debido a su menor consumo total, es España quien obtiene una mayor fracción de su electricidad de esta fuente de energía, aproximadamente un 11% en 2008, con una potencia instalada de 16.700 MW a finales de ese año.

Gracias a las mejoras tecnológicas en el tamaño de los aerogeneradores (ver fig. 4), en los elementos móviles, en los materiales de que están contruidos, en los sistemas de conversión, transformación y evacuación y en los procesos de fabricación y montaje no está lejos el momento en que el coste unitario de la electricidad producida iguale al de la convencional.

Como ocurre con todas las renovables, está por resolver el problema ⇒

La fuente renovable más abundante, con diferencia, es el Sol



→ Figura 5. Bloque de potencia de Andasol I.
2 torres: $\varnothing = 36$ m; $h = 14$ m
28,500 tm de sales fundidas
7,5 h de almacenamiento a 50 MW

de la intermitencia mediante técnicas de almacenamiento. Para la electricidad de potencia, el sistema más simple y extendido es el bombeo de agua en presas de doble vaso, que existen en una medida insuficiente y cuyo aumento es un factor esencial para la extensión de las energías renovables y su integración en la red. En cuanto al almacenamiento electroquímico, los avances registrados en nuevas baterías para sustituir total o parcialmente a los motores de explosión podrían, a la larga, contribuir también al almacenamiento de la electricidad generada en plantas renovables.

Pero la fuente renovable más abundante, con diferencia, es el Sol. La tecnología solar fotovoltaica es una de las más versátiles y adaptables a los entornos urbanos debido a su carácter modular y a no requerir de grandes sistemas de transformación, en contraposición con los dispositivos termoeléctricos, sufriendo de los mismos inconvenientes que otras renovables: precio e intermitencia. En cuanto a su difusión, el crecimiento en la potencia total

instalada en el mundo está siendo vertiginoso en los últimos tiempos, particularmente en España.

Actualmente la mayor parte de los paneles instalados están compuestos de células fabricadas con oblea de silicio, cristalino o policristalino. Existen otras alternativas para mejorar el rendimiento o para disminuir el coste de las células fotovoltaicas. Una es la exploración de otro tipo de materiales y técnicas de deposición, conocidas como sistemas de lámina delgada, que utilizan también silicio u otros materiales más exóticos, que mejoran la conversión fotoeléctrica. De todas formas, se estima que todavía durante bastantes años la tecnología dominante será la convencional, basada en oblea de silicio.

Sin embargo, es probable que la mejora en las prestaciones de los sistemas fotovoltaicos tenga lugar a corto plazo gracias a las técnicas de concentración que, gracias a dispositivos ópticos, son capaces de hacer incidir sobre una cierta superficie de material fotovoltaico la radiación solar captada sobre

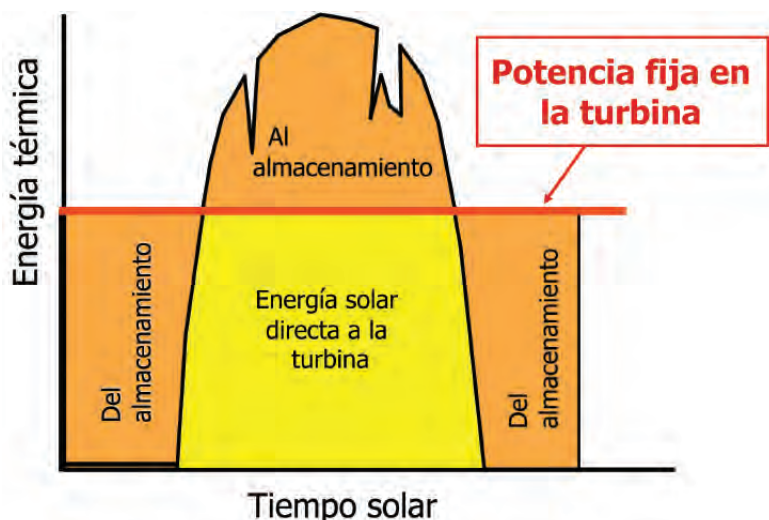
una superficie mayor, con lo que aumenta su aprovechamiento.

Otra forma de utilizar la radiación solar para producir electricidad es mediante la tecnología termoeléctrica. Se trata, en este caso, de concentrar la luz solar sobre un receptor que contiene un fluido que se calienta y posteriormente transfiere ese calor a un sistema de conversión en electricidad en una turbina convencional. Es una tecnología conocida de antiguo, simple en sus principios y robusta, que está experimentando un desarrollo notable en los últimos tiempos, especialmente en España y en Estados Unidos. En lo que sigue consideraré únicamente la tecnología más extendida, de colectores cilindro-parabólicos.

Durante la década de los ochenta, tras la segunda gran crisis del petróleo, se construyó en el desierto de Mojave, en California, un conjunto de plantas (el complejo SECS) con una potencia total de 350 MW que han venido funcionando de forma satisfactoria hasta la fecha. Por otra parte, de la misma época data la fundación de la Plataforma Solar de Almería (PSA), hoy parte del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que es un laboratorio de primera línea mundial en el que se han venido estudiando todas las tecnologías termoeléctricas, formando personal y ensayando componentes y dispositivos. La existencia de la PSA es uno de los factores que explica el liderazgo de nuestro país en este campo.

Actualmente hay proyectos para construir este tipo de plantas en España hasta una potencia probable de unos 2.000 MW en los próximos dos o tres años, y hasta los 14.000 MW en diferentes estados de gestación, así como una cantidad también considerable en los Estados Unidos. En nuestro país acaba de entrar en

La eficiencia y el ahorro energético es la fuente de energía más abundante y barata y menos contaminante



– Figura 6. Almacenamiento en una planta termosolar.

funcionamiento, entre otras, la planta Andasol I, de 50 MW, situada cerca de Guadix, que tiene una importante peculiaridad, y es que incorpora un sistema de almacenamiento, esta vez de calor (ver fig. 5 y 6). En este tipo de plantas una parte del campo solar alimenta -mientras el sol brilla- al sistema de almacenamiento mientras el resto genera el calor que produce electricidad en la turbina. Así, cuando el sol se pone y la demanda eléctrica sigue alta, es posible seguir generando electricidad a partir de la energía almacenada. En el caso de Andasol I el almacenamiento tiene capacidad para seguir trabajando a la máxima potencia durante 7,5 horas sin sol, lo que hace que permita ajustar la entrega de electricidad a la demanda.

El almacenamiento térmico que se está ensayando en este tipo de plantas se basa en grandes cantidades de sales fundidas que almacenan calor elevando su temperatura y lo liberan cuando se enfrían. Es un sistema simple y seguro, aunque requiere movilizar, para las potencias que estamos manejando, cantidades considerables de sales. Existen otras alternativas que se irán definiendo y perfeccionando a medida que aumente nuestra experiencia en este campo.

Para que se produzca una reducción de costes son precisos algunos

avances tecnológicos, especialmente en la manufactura de los tubos absorbedores, el ensamblaje de los colectores y cambios en el fluido caloportador. En este sentido, existen programas de investigación avanzados cuyo propósito es la sustitución del aceite por otro fluido que simplifique el diseño de las plantas, abaratando su coste.

Conclusiones

Ante la situación descrita en los párrafos precedentes, no parece realista ni aconsejable prescindir de ninguna de las fuentes de energía disponibles, con las debidas precauciones y en los tiempos en los que la tecnología lo permita. A corto plazo urge preparar sustitutos de los derivados del petróleo para el transporte, entre los que no podemos dejar de considerar los biocombustibles de segunda generación. Respecto del carbón, que seguirá siendo una fuente abundante aunque potencialmente muy contaminante, se impone avanzar hacia su utilización con captura y secuestro de CO₂.

Pero quizá el reto más importante en estos momentos sea impulsar las energías renovables de forma que lleguen a suponer una fracción significativa del total, situación de la que estamos muy lejos hoy y en la que España ocupa un papel de vanguar-

dia. Para ello habrán de resolverse los problemas tecnológicos que limitan su difusión y afectan al elevado precio que hoy tiene, y se necesitará un decidido apoyo público. Por razones de gestionabilidad de las energías renovables y también atendiendo al futuro del sector del transporte, las tecnologías de almacenamiento de energía ocupan ya un lugar destacado en los programas de investigación energética, hasta el punto de que no es concebible un esquema sostenible sin un avance significativo en este campo.

Los reactores de fisión existen, han sido probados y han evolucionado hacia diseños cada vez más seguros y con un mejor aprovechamiento del combustible. No creo que sea razonable, en una situación de crisis energética, prescindir de esta fuente de energía, aunque su supervivencia depende en gran medida de la percepción pública. A corto plazo el problema se plantea en términos de prolongación de la vida útil de los reactores existentes. Sin embargo, el desafío fundamental en este apartado es el avance hacia los reactores rápidos de generación IV que permitirán reciclar los residuos y utilizar el combustible de forma óptima.

Por último, la eficiencia y el ahorro energético se configura como la fuente de energía más abundante y barata y menos contaminante, pero su aplicación sólo tiene sentido en los países ricos. En estos, debería darse una doble transformación en la percepción pública del problema de la energía. Por una parte, es preciso cambiar de hábitos de consumo energético que puedan hacer frente a un futuro de escasez y aumento de precio de la energía; por otra, una visión más realista y solidaria de las exigencias de un sistema energético sostenible y autónomo, como es la existencia de plantas de generación, líneas de transmisión, centros de transformación, afectación al paisaje por parte de las renovables, etc. ■

Cayetano López Martínez. Doctor en Ciencias Físicas y director general adjunto del CIEMAT, donde dirige el Departamento de Energía