

# ENERGÍAS RENOVABLES, ENERGÍAS DURADERAS

Para muchos el futuro de la energía pasa, inevitablemente, por las renovables. En este artículo se analiza el potencial de las distintas fuentes renovables a nuestro alcance y se apuesta por una de ellas: la energía de fusión que se genera en el Sol. O, en otras palabras, por la solar térmica y fotovoltaica.

La vida se define casi como la búsqueda constante de energía. Necesitamos energía. ¿De donde sacamos nosotros la energía en el planeta Tierra? Tenemos aquí dos únicas fuentes de energía: la fisión de elementos pesados (esencialmente uranio) y la fusión de elementos ligeros, que se realiza en el Sol, a unos 150 millones de kilómetros de aquí.

Para unir de forma estable dos protones con dos neutrones y pasar del núcleo del hidrógeno al de helio se necesitan velocidades gigantescas de los primeros en procesos realimentados. El proceso de formación de helio genera una perturbación del campo electromagnético (EM) de cada protón y de los electrones del plasma solar. La perturbación del campo EM (una onda EM) mueve a su vez a las cargas eléctricas del suelo y del agua cuando llega a nuestro planeta, que así aumentan su energía. Esos campos EM variables pueden interaccionar de manera resonante con los electrones de cristales de silicio con impurezas que los convierten en semiconductores, incrementando su energía de forma resonante o cuantificada. Hablamos de que cuantos de energía EM (que llamamos luz en el rango entre 400 a 700 nanómetros) han hecho saltar a los electrones de órbita de manera cuantizada. Esa misma luz, cuando en vez de interaccionar con los electrones de los

cristales de silicio interacciona con la molécula de agua, en vez de generar un incremento cuantizado de energía, mueve, sencillamente, a los núcleos de esa molécula, que aumenta su velocidad de desplazamiento y su energía cinética, de forma esencialmente continua, sin saltos cuánticos. La media de las energías cinéticas de un cierto número de moléculas es la temperatura, que aumenta si aumentan aquellas.

En los procesos de síntesis de elementos en las estrellas los átomos pesados se generan en último lugar, de forma que en relación al número de átomos ligeros en el universo su abundancia es muy escasa. En el planeta Tierra tenemos, pues, poca energía de fisión y recibimos una cantidad muy grande de energía electromagnética procedente de la fusión en el Sol.

Habida cuenta de estas dos abundancias relativas, parece mucho más razonable tratar de capturar la energía solar en vez de insistir en utilizar la escasa energía de fisión disponible.

De la misma forma, empeñarse en reproducir en la Tierra las condiciones del plasma solar para producir energía de fusión en la superficie del planeta en vez de coger la que ya llega del Sol parece un tanto infantil. Si a esto añadimos que los axiomas de los que partimos en

ese intento de reproducir el Sol en la Tierra deben tener algún error (pues, si no fuera así, tras más de treinta años de investigación por las mejores mentes del planeta ya hubiésemos conseguido la fusión controlada), debemos concluir que lo más eficaz, inmediato y fácil es cubrir nuestras necesidades de energía utilizando la producida mediante la fusión nuclear pero no aquí, sino la fusión nuclear del Sol.

Sobre un metro cuadrado de superficie de la alta atmósfera en la línea del ecuador caen 1.366 vatios (W). Puesto que la Tierra gira y es redonda, de media podemos asumir que cada metro cuadrado ( $m^2$ ) de estratosfera recibe 342 W durante 24 horas (h). De esta potencia llegan a la superficie unos 200 W (dependiendo de la presencia de nubes y aerosoles en la atmósfera). Así, si tenemos en cuenta que la superficie del planeta es de 510 millones de kilómetros cuadrados llegamos a la conclusión de que diariamente la Tierra recibe 100 billones ( $1 \times 10^{14}$ ) de kWh. El consumo de energía por los seres humanos es hoy de unos 30.000 millones de kWh/día ( $3 \times 10^{10}$ ). La energía que recibimos del Sol en la superficie del planeta es así 3.000 veces nuestro consumo. Más que de sobra.

Esta energía debe capturarse y almacenarse. Para capturarla el sistema más eficiente es utilizar el

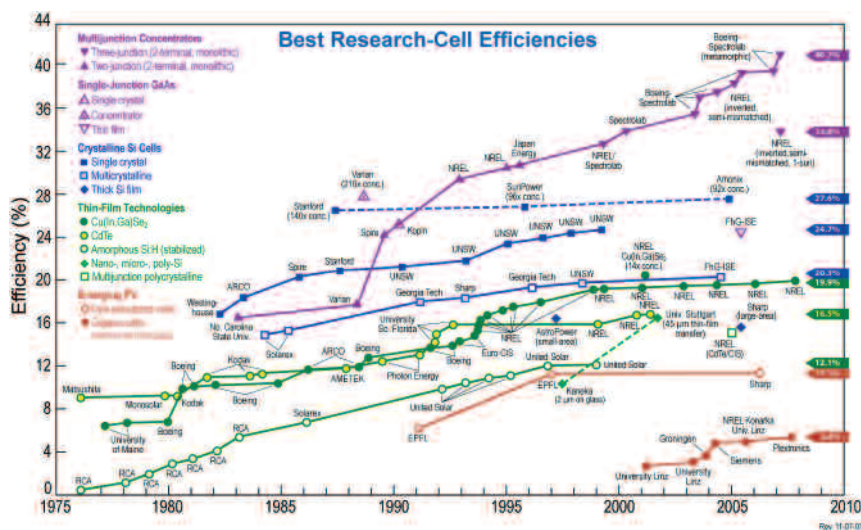
**Lo más eficaz, inmediato y fácil, es cubrir nuestras necesidades utilizando la energía que produce el Sol**

## La energía que recibimos del Sol en la superficie del planeta es 3.000 veces superior a la de nuestro consumo

efecto fotovoltaico, la captura en resonancia o cuantos de energía de la energía de la luz mediante saltos de órbita de los electrones

en diversos cristales de silicio o de plásticos. Hoy día la eficiencia de captura es de un 30% (entre el 25 y el 35%) dependiendo del tipo de

semiconductor que utilicemos. Esto quiere decir una disponibilidad de energía de unas 900 veces nuestro consumo actual.



- Figura 1.- Las eficiencias ya logradas y estimadas para las celdas fotovoltaicas.

Si la energía solar se utiliza para calentar agua o algún otro líquido, se pueden obtener capturas de unos 1.000 kWh/año por metro cuadrado en nuestras latitudes. La conversión de agua caliente a elec-

tricidad mediante turbinas, o la conversión mediante aire caliente (motor de Stirling) tiene una eficiencia de entre el 15 y el 50%. Si utilizamos una media de un 25% vemos que podemos convertir la

totalidad del espectro solar en energía eléctrica generando unos 250 kWh/año m<sup>2</sup>. La fotovoltaica nos puede proporcionar, en estas mismas latitudes, unos 540 kWh/año m<sup>2</sup>. ⇒



- Figura 2. Torre solar de San Lucar la Mayor, en Sevilla. En terrenos baldíos del vertido tóxico de Aznalcóllar la empresa de ingeniería Abengoa ha instalado una torre de concentración mediante espejos que vaporiza agua para mover una turbina en la torre.

El viento es de un rendimiento global muchísimo menor: la energía absorbida por los océanos se convierte en columnas de convección que al llegar a la tropopausa se convierten en vientos horizontales. Las conversiones de las diferencias de temperatura en diferencias de presión, la generación del viento y la conversión de la energía cinética

de éste en electricidad mediante turbinas en los aerogeneradores representan un producto de factores todos ellos menores que la unidad. Es difícil estimar cuánta de la energía solar absorbida por los océanos se convierte en energía eléctrica por los aerogeneradores. De cualquier forma los vientos son esencialmente energía cinética.



– Figura 3. Turbinas verticales para la captura de energía mediante el viento. Son un prodigio de diseño aerodinámico, probablemente mejor que cualquier ala de avión.

La energía de las olas es aún menor que la del viento, porque es este el que transmite energía al agua para formar las olas. Tenemos aquí, por lo tanto, una rama más de proceso: energía térmica

de la superficie del océano a viento, del viento a la ola, de la ola al convertidor de energía. Pero, lo mismo que la del viento, la energía de las olas –que es, en su origen, energía solar– puede aprovecharse.



– Figura 4. Energía de las olas. Esencialmente motores alternativos.

**Todas estas fuentes de energía están disponibles solamente unas horas del día (fotovoltaica y térmica) o a intervalos muy irregulares (eólica y de las olas). Es, pues, preciso almacenarlas. Hoy día el sistema de almacenaje más adecuado es el hidrógeno**

Debemos hacer aquí una observación muy importante. Cuando se habla de la eficiencia de la conversión de la energía solar en energía útil (a veces se denomina «exergía») con frecuencia se señala que la eficiencia es «sólo» del 20 o 30% y se compara con, por ejemplo, la eficiencia de una central de gas de ciclo combinado, que puede llegar, cuando funciona bien, al 60%. Pero, ¿cuál es la eficiencia de cualquier proceso basado en la energía fósil? La comparación razonable es de la constante solar a la fotosíntesis (con un 2% de rendimiento y abundancia de agua), a la concentración en el interior de la Tierra, a su extracción y transporte, a su conversión en movimiento en motores Otto o Diesel o en electricidad mediante turbinas. El rendimiento o la eficiencia total de todo el proceso es esencialmente nulo. La eficiencia del 30% de la conversión fotovoltaica es exactamente ese 30%.



## El hidrógeno operará como lo hacen los combustibles fósiles actuales: liberando energía en su oxidación, bien en celdas de combustible o bien sencillamente quemándolo

Todas estas fuentes de energía solar están disponibles solamente unas horas del día (fotovoltaica y térmica) o a intervalos muy irregulares (eólica y de las olas). Es, pues, preciso almacenarlas. Como he señalado, la naturaleza encontró hace cientos de millones de años una forma de almacenar la energía de la luz: la fotosíntesis crea enlaces moleculares basados en el carbono y convierte la energía de esa luz en carbohidratos con un rendimiento de alrededor de un 2%. Ese almacenamiento es muy lento, hablamos de millones de años. El consumo actual de estos productos es unas 25 veces más rápido que su velocidad de formación, y aquel almacenaje fue tremendamente ineficiente. Desde el punto de vista de la eficiencia global y de la velocidad de gasto, el uso de los combustibles fósiles –además de sus emisiones de gases de captura de infrarrojos– es una auténtica locura.

Podemos, sin embargo, utilizar no el carbono almacenado en el subsuelo, sino el sintetizado día a día por las plantas para producir el mismo biocombustible que es el carbón o el petróleo pero generado día a día, en vez de almacenado en pozos y minas. En este caso las emisiones netas de CO<sub>2</sub> son nulas o, dependiendo de si utilizamos ciertas plantas herbáceas de raíces largas, pueden ser ligeramente negativas. El uso de las plantas herbáceas es posible en las laderas

de las colinas en situaciones de escasez de agua. De esta forma estos biocombustibles no compiten con los alimentos (la energía que utilizamos los seres humanos para sobrevivir) y nos proporcionan energía para movernos y para el resto de usos que deseamos.

Hoy día el sistema de almacenaje más adecuado es el del hidrógeno: podemos utilizar la energía solar térmica a muy alta concentración para romper la molécula de agua y almacenar hidrógeno y podemos utilizar la electricidad generada mediante el proceso fotovoltaico para realizar la electrolisis del agua. En ambos casos el hidrógeno operará como lo hacen los combustibles fósiles actuales: liberando energía en su oxidación, bien en celdas de combustible o bien sencillamente quemándolo.

Las ventajas de las energías solares son muchas: no emiten CO<sub>2</sub> a la atmósfera, no generan residuos radiactivos, no dependen de un uranio escaso, no pueden producir accidentes y son dispersas, lo que quiere decir –posiblemente– riqueza para todos. Sus dos mayores ventajas son su limpieza, seguridad y abundancia (casi eterna).

La energía de fisión es concentrada, exige refrigeración, genera residuos y su combustible es escaso.

Se suele indicar que las energías solares son caras. Lo son, en cierta

medida: una lotería nos da a uno solo una considerable cantidad de dinero de otros, cuando la ganamos. Nosotros nos hacemos más ricos mientras que los demás se hacen, cada uno, ligeramente más pobres. De la misma manera, si consumimos a muy alta velocidad la lotería de una energía solar almacenada de manera muy escasa en el subsuelo, estamos gastándonos el dinero que nos ha tocado en una lotería, pero no estamos generando más dinero. El vivir del trabajo es más dificultoso que el derrochar el dinero de una lotería, pero el trabajo es para todos, mientras que la lotería es para unos pocos. El trabajo es mantenible en el tiempo, la lotería desaparece.

Puesto que la energía de fisión tiene inconvenientes serios; la de fusión es concentrada y no repartida y hoy, aún, no se ha conseguido generar en la Tierra, pero sí nos llega parte de la que se genera en el Sol; y puesto que los combustibles fósiles son una lotería que se acaba, mi humilde opinión es que debemos apostar muy fuertemente por la energía de fusión del sol, capturarla aquí con el máximo rendimiento posible y almacenarla de forma química mediante hidratos (plantas) e hidrógeno. ■

Antonio Ruiz de Elvira es catedrático de universidad en el Departamento de Física de la Universidad de Alcalá y miembro del Foro Europeo del Clima.