



CAYETANO LÓPEZ,

DIRECTOR DEL ÁREA DE ENERGÍA DEL CIEMAT

“Al final, la electricidad será el vector universal en el consumo de energía”

Texto ▶ Ignacio F. Bayo
Fotografías ▶ Fernando Moreno

Cayetano López ha pasado buena parte de su vida profesional estudiando las partículas elementales, como el electrón, y su comportamiento en las especiales condiciones que se crean en el interior de los aceleradores, cuando chocan a velocidades cercanas a la de la luz, lo que se denomina física de altas energías. Hoy sigue trabajando con electrones y energías, pero muy lejos de su campo original y mucho

más cerca de la realidad cotidiana, tratando de mejorar su eficiencia y el impacto ambiental. Su interés por este campo viene de lejos y le ha proporcionado una panorámica excepcional, necesaria cuando se dirige el Área de Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), el organismo que investiga todas las fuentes y tecnologías implicadas.

PREGUNTA | *Vivimos en una sociedad cada vez más electrificada, en la que algunos usos de otras fuentes, como el gas, están siendo sustituidos con mucha rapidez. ¿Cuál es la clave de su éxito?*

RESPUESTA | La electricidad ha demostrado ser un vector energético muy potente, muy flexible, muy fácil de usar, adaptable a todo. Y creo que sí, que cada vez más, todo va a ser eléctrico, incluso en un sector que siempre ha estado más lejos, como es el transporte.

P | *Algún inconveniente tendrá, ¿no?*

R | Sí, muchos. El principal y más importante es su dificultad de almacenamiento. Por eso se ha visto muy lejana la idea del vehículo eléctrico, porque requiere un sistema de almacenamiento pequeño, que se pueda meter dentro del vehículo y con capacidad suficiente como para moverlo un cierto número de kilómetros.

P | *Entonces, en un futuro más o menos cercano, ¿será el único vector energético para todos los usos?*

R | Prácticamente. Los combustibles fósiles seguirán siendo utilizados como energía final

durante mucho tiempo, y el gas quedará residualmente para algunas cuestiones domésticas e industriales, pero creo que, al final, la electricidad será el vector universal en el consumo de energía.

P | *Pero la electricidad consume energía primaria para producirla y la conversión conlleva muchas pérdidas.*

R | Eso depende del sistema que se utilice. En los sistemas térmicos —gas, carbón, nuclear, solar térmica...— hay pérdidas importantes. Cada vez menos, pero todavía importantes.

P | *¿De qué orden?*

R | En una central de carbón solo se aprovecha, aproximadamente, la tercera parte de la energía térmica. En centrales avanzadas, como las de ciclo combinado y las de carbón supercrítico, se puede llegar a la mitad. En una termosolar de muy alta temperatura, por ejemplo de torre, donde se llegue a los 1.000 °C en el foco caliente, la pérdida es del orden de la mitad. Eso siempre se pierde, aunque se puede mejorar un poco.

P | *¿Existe un límite físico para esas mejoras?*

R | Sí, el límite de Carnot, que depende de la relación de temperaturas entre el foco caliente, donde se está trabajando, y el foco frío, que normalmente es la temperatura ambiente, y además no se puede bajar más que en ciertas condiciones. La temperatura del foco caliente en una planta nuclear es del orden de 300 °C y en una termosolar, de 400 °C, pudiendo subir hasta los 1.000 °C. La clave para reducir la pérdida está en subir la temperatura del foco caliente. Donde no hay pérdida es en la hidroeléctrica, ya que la energía potencial en altura se transforma, con muy pocas pérdidas, en electricidad. En la eólica el rendimiento también es bastante grande.

P | *El problema del coche eléctrico es que las baterías usan materiales que o contaminan o son escasos y caros ¿no?*

R | Las baterías ordinarias de plomo-ácido emplean materiales que no son escasos, pero tienen muy poca densidad de energía —y por tanto de capacidad de almacenamiento— y además son muy contaminantes. No se puede basar el futuro del coche eléctrico en ellas. Luego están las baterías de litio, que tienen una capacidad de almacenamiento mayor y son menos contaminantes, pero su problema es, efectivamente, el precio y la posible escasez de litio. Las reservas de litio pueden marcar un límite a la expansión del coche eléctrico, pero no me cabe duda de que habrá avances y desarrollos de baterías con otros materiales.

P | *¿Qué materiales pueden ser alternativos al litio?*

R | Ya hay algunas baterías que utilizan magnesio, níquel, potasio... Habrá alternativas,

pero hace falta un poco de tiempo para que se desarrollen.

P | *¿Cree que el coche eléctrico se implantará rápidamente?*

R | Está aún en una fase muy, muy preliminar. La primera versión que se está usando es el motor híbrido, que no es eléctrico en sentido estricto, puesto que no se alimenta de la red. Utiliza un motor eléctrico, pero la energía que usa ha sido generada previamente en el motor de combustión. Los coches eléctricos del futuro serán los que obtengan electricidad de la red. Esos están en un momento muy preliminar, pero todas las grandes empresas del sector tienen ya algún proyecto avanzado de coche eléctrico enchufable.

“PARA EL ALMACENAMIENTO MASIVO DE ENERGÍA LO MÁS SENCILLO Y YA DEMOSTRADO ES EL BOMBEO DE AGUA”

P | *¿Se conocen ya detalles de esos coches?*

R | Son coches híbridos, pero la electricidad se obtiene enchufándolos y el motor de combustión entra cuando la electricidad se agota, porque la autonomía no es aún muy grande. Son pequeños, de ciudad, para recorridos cortos, y todavía el sistema de almacenamiento supone una parte muy importante del coste, porque las baterías son caras. Yo creo que los coches de dentro de cuarenta años, por poner una fecha, serán eléctricos, pero no se parecerán mucho a los que van a salir ahora.

P | *Estamos en la prehistoria del coche eléctrico, vamos.*

R | En los albores. Estamos asistiendo al nacimiento del vehículo del futuro.

P | *¿Cuándo van a estar en el mercado?*

R | Dentro de un par de años, pero de forma simbólica. Será una venta marginal, solo para abrir brecha. Lo importante es que permitirán profundizar en los problemas reales que tenga su uso cotidiano; pero para que empiecen a suponer una fracción significativa, pequeña

aún pero significativa, de las ventas totales tendrán que pasar una o dos décadas.

P | *Es de imaginar que cambiará la forma en que utilizamos el coche...*

R | El problema es la recarga, y que yo sepa, se barajan dos opciones. Una es el cambio de la batería descargada por otra cargada, como si fuéramos a la gasolinera, lo cual se hace en pocos minutos. En los Juegos Olímpicos de Pekín, los autobuses, que eran eléctricos, funcionaban con baterías y había un centro de intercambio, donde un robot las sacaba y las ponía. El otro sistema es el de los postes de recarga, donde se enchufa el vehículo. Pero tienen que ser postes inteligentes, es decir, que uno enchufe y se despreocupe, y el poste cargue o

no en función del estado de la red, porque esto debería servir además para estabilizar, para aplanar la curva de demanda de la red.

P | *El coche eléctrico tiene competidores, como el hidrógeno y los biocombustibles. ¿Por qué no el hidrógeno?*

R | Porque no existe libre; hay que producirlo.

P | *La electricidad también...*

R | Sí, por eso podría competir con la electricidad, pero no con una fuente primaria. El problema está en que el hidrógeno se obtiene mayoritariamente del gas natural y del carbón, mediante un proceso que se llama reformado, que emite a la atmósfera mucho más dióxido de carbono que si se quemaran directamente el gas natural o el carbón. Es preferible usar ese gas natural o ese carbón para generar electricidad, que en comparación es más eficiente y menos contaminante. La otra forma de obtener hidrógeno es a partir del agua, mediante electrólisis o por descomposición térmica a alta temperatura. En ambos casos se utiliza electricidad o energía calorífica de muy alta



PERFIL

Científico, gestor y divulgador

Cayetano López Martínez (Madrid, 1946) es catedrático de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid, de la que fue rector entre 1985 y 1994. Entre 1983 y 1995 fue miembro del Consejo del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), y de 1987 a 1990, vicepresidente de este organismo. Del 2000 al 2004 fue director del Parque Científico de Madrid, y desde ese año y hasta la actualidad es director general adjunto del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), y director del Área de Energía de este organismo. Ha publicado más de medio centenar de artículos en revistas científicas internacionales y varios libros, dando cuenta de sus investigaciones en temas relacionados con la interacción entre partículas elementales, la cromodinámica cuántica, las teorías de unificación, la teoría de las supercuerdas y el uso de aceleradores de partículas para la transmutación nuclear. Entre otras distinciones, es doctor honoris causa por la Universidad de Buenos Aires. Además de sus publicaciones científicas, ha escrito dos libros divulgativos, *El ogro rehabilitado* y *Universo sin fin*, y colaborado en medios de comunicación, como el diario *El País*, para el que ejerce como editorialista en temas científicos. ▶◀

temperatura que podría servir también para generar electricidad. Desde el punto de vista del balance energético, pienso que siempre será más competitivo producir electricidad y, a partir de ella, generar movimiento, que generar calor de muy alta temperatura para obtener hidrógeno y, de ahí, la energía útil. El hidrógeno solo lo veo en regiones o sectores donde sea muy difícil la electrificación.

P | ¿Se descarta pues el hidrógeno?

R | Todo lo que sea almacenar energía es útil, y el hidrógeno puede al final ser más que nada un sistema de almacenamiento de energía, sobre todo de energía intermitente, como la de las renovables, aunque yo creo que para el almacenamiento en gran cantidad, masivo, lo más sencillo y ya demostrado es el bombeo de agua en pantanos. Habría que multiplicar la

capacidad de bombeo para aumentar más la participación de las renovables.

P | Para almacenamiento existen otras alternativas, como los superconductores. ¿Son una apuesta a largo plazo?

R | Largo, muy largo. Por lo que yo sé, que es poco, de los superconductores, el problema es que permiten almacenar pequeñas cantidades, aunque eso sí, con muy pocas pérdidas y con un tiempo de respuesta mínimo, ya que tanto en el almacenamiento como en la liberación la respuesta es inmediata; pero no veo un sistema de superconductores para almacenar gigavatios, que es lo que la red necesita para que se establezca.

P | ¿El bombeo es más eficiente?

R | El tiempo de respuesta es un poco más largo, y las pérdidas no son muy grandes; me parece que están en torno al 20 o 30 %, que son perfectamente asumibles. Puede haber montones de soluciones teóricas para el almacenamiento; el problema es la escala a la que hay que instalarlos si se quiere que sirvan para estabilizar la red, para aplanar la curva de demanda. Hacen falta gigavatios y gigavatios de capacidad. Por supuesto que importan el tiempo de respuesta y la eficiencia en el almacenamiento, pero lo importante es la escala.

P | Una gran capacidad de almacenamiento permitiría desacoplar la generación del consumo...

R | Bueno eso es lo de aplanar la demanda, porque la demanda seguirá siendo igual, pero desde el punto de vista operativo se aplanará. Dará lo mismo cuándo se almacene. Si se aísla por completo, se puede estar produciendo electricidad cuando se pueda y consumirla cuando haga falta.

P | Para la estabilidad del sistema también es importante la conexión con Europa, que ahora es muy débil.

R | Sí, una de las soluciones es que la red sea cada vez mayor. Mitiga las oscilaciones, pero fiar todo a la red europea puede ocasionar problemas, como que se importe la inestabilidad que se genere en otros sitios. Es esencial aumentar la capacidad de interconexión con Francia, que por ahora es minúscula, que no

“La generación directa de vapor puede suponer un cambio importante en la implantación de la solar termoeléctrica”

En las plantas de concentración solar que utilizan el sistema cilindroparabólico para generar electricidad, la energía reflejada por los espejos calienta un fluido intermediario, normalmente un aceite especial, que transmite después su calor al agua cuyo vapor moverá la turbina de generación. Esta conversión supone una pérdida de energía y una gestión compleja, pero la utilización directa de agua no ha sido posible hasta hace poco porque presenta varios inconvenientes, entre ellos las presiones que produce el vapor en el interior del conducto por donde discurre el fluido. En la Plataforma Solar de Almería se han desarrollado sistemas que permiten solventar este inconveniente y utilizar directamente vapor. “Esta tecnología simplifica muchísimo los

sistemas actuales y elimina el inconveniente de la complejidad de manejar el aceite térmico, por lo que puede suponer un cambio importante en la implantación de la solar termoeléctrica en cilindroparabólicos”, explica Cayetano López.

Pese a su prometedor futuro, los pasos para hacerla efectiva se están dando con lentitud. “Nadie se arriesgará a usar esta tecnología mientras no esté suficientemente probada en una planta de demostración de tamaño industrial, que funcione durante algunos años, en circunstancias diversas, climatológicas y de transitorios que puedan ocurrir, y que funcione con la suficiente robustez. Ahora ya hay un consorcio con Iberdrola, Sener, el IDAE y el CIEMAT para construirla”, afirma. ▶◀

cumple las directrices de la Unión Europea. Yo no dejaría la fiabilidad de la red solo en el aumento de las interconexiones sino, sobre todo, en aumentar la capacidad de almacenamiento.

P | Otro competidor del coche eléctrico, los biocarburantes...

R | Son buenos competidores y, a corto plazo, están por delante de otras alternativas, porque las prestaciones son idénticas a las de los derivados del petróleo. Pero tienen muchos problemas, y uno importante es que, desde el punto de vista energético, son muy poco eficientes. En el caso del bioetanol obtenido a partir del maíz o del trigo, la cantidad de energía neta que se obtiene cuando se descuenta la energía, normalmente fósil, que se ha tenido que utilizar en el cultivo, fertilización, fumigación, transporte y pretratamiento es pequeña; así, que esta no puede ser la solución. Sin embargo, creo que el bioetanol que se fabrica a partir de la caña de azúcar sí tiene un gran rendimiento, y es sensato pensar que se recupere su cultivo en países donde se abandonó. La esperanza está en los biocombustibles de segunda generación, los que se obtienen a partir de residuos orgánicos o

forestales, material leñoso, herbáceo y en general lignocelulósicos, en los que el balance energético es mucho mejor, aunque la cantidad bruta de biomasa que hay que manejar sea muy grande. Pienso que jugarán un papel importante hasta que el coche eléctrico se consolide, pero no creo que los biocombustibles, ni de primera ni de segunda generación, puedan sustituir a los derivados del petróleo, porque es un consumo gigantesco.

P | ¿Cuánto consumimos cada día?

R | En el mundo se consumen unos 85 millones de barriles por día. Es más asombroso pensar que eso significa que se queman 1.000 barriles por segundo, 159.000 litros. La cantidad de tierra cultivable, agua, insecticidas y abonos que habría que emplear creo que hace imposible la sustitución. Con que se reemplazara el 10 o el 20 %, ya sería un gran aporte.

P | Desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero, ¿cuál de los competidores es mejor?

R | Eso depende mucho. Los biocombustibles no emiten en la combustión, porque se supone que lo absorben al crecer, pero sí en los procesos previos. En el caso del maíz, por ejemplo, que supone la mitad del bioetanol que se

fabrica en el mundo, emite CO₂ en un porcentaje del orden del 80 % o más del que se produciría al quemar gasolina. La electricidad depende de cómo se obtenga, pero actualmente los combustibles fósiles generan dos tercios de la electricidad del mundo. Si en el futuro se usan cada vez más las renovables, parece que es más ecológico el coche eléctrico.

P | La energía termosolar es la apuesta más original y ambiciosa que se ha puesto en marcha en España en los últimos años. ¿Cuántas plantas funcionan ya?

R | Nuestro país ha apostado de forma clara por las renovables, y la potencia eólica instalada es verdaderamente una parte enorme, que en el 2008 ha supuesto el 11 % de la electricidad producida, algo más de la mitad de la nuclear, que ya es mucho, y con picos ocasionales del 40 %. La termosolar es la próxima apuesta, por ahora incipiente, y que depende más que la eólica de la tarifa del régimen especial, es decir, de la prima. Creo que la termosolar tiene un gran recorrido por delante, no solo en España sino también en Estados Unidos, en el norte de África y en algunos otros lugares. Y España puede ser líder indiscutible; ya hay 61 megavatios [MW] de poten-



► Cayetano López e Ignacio F. Bayo, en un momento de la entrevista.

cia en funcionamiento —los 50 de Andasol 1 y los 11 de PSA10—; y en construcción puede haber 200 o 300 MW más, que en el plazo de un año pueden estar suministrando a la red. Calculo que en unos años podrá haber fácilmente del orden de 3.000 MW instalados.

P | *¿De qué manera está afectando la crisis a la producción, gestión y consumo de energía?*

R | Estaría bien que la crisis consiguiera intro-

ducir hábitos de mejor uso y ahorro de energía en las sociedades opulentas, por ejemplo para orientar a los consumidores hacia vehículos más pequeños o hacia un uso de la electricidad más racional, para lo cual tendrían que ayudar los poderes públicos con medidas como tarifas diferenciadas por horarios o por consumo según el tamaño del núcleo familiar. Ahora bien, la crisis puede ser mala porque

puede retrasar inversiones importantes en nuevas tecnologías, en renovables y en energía nuclear.

P | *¿Estamos en condiciones de tener un debate racional sobre la nuclear en España?*

R | Creo que sí. El debate nuclear ya está en los medios de comunicación; otra cosa es que lleve a alguna conclusión firme, a una decisión, que yo creo que no y que tardará aún

mucho tiempo. Me parece que no es posible que un país como España tome decisiones sin tener en cuenta lo que ocurra en otros países de su entorno, en este caso en Europa, porque salvo Francia, que tiene una tradición y una tecnología propia y que apostó por la energía nuclear, el resto de los países europeos dependerán de las decisiones que tomen en conjunto.

P | *¿Cómo ve el futuro de la energía a veinte o treinta años? ¿Qué fuentes de energía prevalecerán?*

R | Yo creo que todas. En veinte o treinta años los combustibles fósiles serán todavía importantes, especialmente el carbón, que es el más contaminante, pero también el más abundante. Me resulta asombroso pensar que un país como Estados Unidos, la primera potencia tecnológica del mundo, sigue obteniendo la mitad de su electricidad del carbón, y no creo que eso cambie mucho en las próximas dos o tres décadas, desgraciadamente. Lo esencial es que aumenten su participación las otras fuentes de energía; el reto en los próximos veinte o treinta años es generar una curva de distribución de las fuentes de energía en la que los combustibles fósiles disminuyan su porcentaje, y eso todavía no se ha visto. Su contribución aún es constante e incluso creciente, y el objetivo fundamental para este periodo es que disminuyan, y que aumenten las alternativas, esencialmente las renovables y la nuclear. ◀

Ignacio F. Bayo es periodista científico y director de la empresa de contenidos Divulga.

“TRAS LA EÓLICA, LA TERMOSOLAR ES, SIN DUDA, LA PRÓXIMA APUESTA. EN UNOS AÑOS PODRÁ HABER DEL ORDEN DE 3.000 MW INSTALADOS”

ABR-JUN | 09 ► **entrelíneas** ◀ 17