

Perspectivas energéticas para el planeta

Si de alguna forma global se puede calificar a la historia de la humanidad desde los tiempos de la revolución industrial hasta nuestros días, es por nuestra creciente dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía. Especialmente notable es el caso del petróleo, que desde el comienzo del uso masivo de los motores de explosión (1910) es un elemento clave para nuestra economía. Esta dependencia de los combustibles fósiles es, en la actualidad, prácticamente total en el caso de los transportes y mayoritaria en lo que se refiere a generación eléctrica. Más aún, conforma gran parte de nuestra tecnología, del sistema económico y del complejo sistema mundial de equilibrios y desequilibrios sociales, políticos y militares. Como a nadie escapa, el petróleo es fuente de un nivel de desarrollo nunca antes alcanzado, pero base de un sistema socioeconómico que ha dado lugar a graves injusticias.

Perspectivas para la economía del petróleo

Se estima que la producción de petróleo alcanzará su punto más alto en dos décadas, que la de gas lo haga en cuatro décadas y que la de carbón

se produzca a finales de siglo. Tras dicho máximo se espera que la producción pueda mantenerse por un tiempo para luego empezar un suave retroceso. Llegado ese punto de retroceso, es dudoso cuál será la respuesta del mercado, la evolución de los precios y la evolución de la economía global ante el hecho de una producción decreciente. A más largo plazo es evidente que algún día llegaríamos a agotar los combustibles fósiles. Pero ¿es oportuno quemarlos todos?

Perspectivas para el cambio climático

Al quemar combustibles fósiles liberamos a la atmósfera, entre otras sustancias, CO_2 . Desde la revolución industrial, la concentración de CO_2 en la atmósfera ha pasado de 280 ppm (partes por millón) a 370 ppm; se espera que supere las 550 ppm a lo largo de este siglo. Es decir, valores próximos al doble del registro previo a la revolución industrial. El CO_2 es el principal gas que produce efecto invernadero, que es fundamental para la existencia del clima que conocemos. Por eso nos interesa saber qué le va a suceder al clima de la Tierra debido a este incremento tan significativo de la concentración de CO_2 .

Los científicos que estudian este problema suelen preguntarse: ¿Cuánto subirá la temperatura media global del planeta para cuando la concentración de CO_2 en la atmósfera sea el doble de la que había previamente a la revolución industrial? Ciertamente no sabemos en qué año sucederá esto, pero es cierto que sucederá en algún momento de este siglo. Lo realmente significativo no es que esto se produzca unos años antes o después, sino cómo responderá el clima al incremento de CO_2 en la atmósfera.

Con respecto a lo sucedido hasta ahora, existe un amplio consenso: el aumento de la temperatura media del planeta a lo largo del siglo XX se cifra en $0,6^\circ\text{C}$; también en atribuir dicho incremento a la actividad humana relacionada con la quema de combustibles fósiles y a la liberación de gases que producen efecto invernadero (el CO_2 entre otros). Es decir, estamos de acuerdo en que el efecto invernadero producido por el hom-

bre es responsable del cambio de clima observado. Sin embargo, aún no habíamos visto un claro consenso en lo relativo a la evolución futura del clima, y a la influencia de la actividad humana y del efecto invernadero en el calentamiento de la tierra. En esta falta de consenso han encontrado justificación aquellos que se han opuesto a las medidas de reducción de emisiones de CO₂.

Como ya hemos mencionado, el escenario futuro, comúnmente contemplado en los modelos de simulación del clima, sitúan la concentración de CO₂ en la atmósfera en el doble del valor existente antes de la revolución industrial. Con este dato de entrada y otros, además de múltiples hipótesis, se intenta conseguir una predicción para el aumento de temperatura medio. Las primeras predicciones (1979) daban un rango de variación del incremento de la temperatura de entre 1,5° C y 4,5° C para tal escenario. Dicho rango de estimación se ha mantenido más o menos estable desde entonces en todos los modelos desarrollados. Los detractores de la idea de un cambio global del clima de la Tierra debido al efecto invernadero se fundamentaban en este rango de variación y en la plausibilidad de incrementos de temperatura media aún inferiores a 1,5° C para restar importancia a tal efecto.

Los últimos resultados dados a conocer recientemente en París (26-29 julio) con motivo de la reunión de uno de los grupos de trabajo del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de la ONU muestran, por vez primera, una mayor convergencia de los modelos empleados para predecir la evolución del clima, que sitúa la elevación de la temperatura media entre 2,6° C y 4,0° C, para cuando la concentración de CO₂ se haya doblado. Es decir, el calentamiento medio estimado sería de 3° C, lo cual se califica de moderadamente fuerte. En ningún caso podría estar por debajo de 1,5° C. Esta convergencia de las predicciones, precisamente ahora, puede explicarse por el mejor conocimiento del problema, la mayor complejidad y por tanto cercanía con la realidad de los modelos empleados y por la creciente capacidad de cálculo y memoria de las computadoras empleadas.

Esta nueva certeza nos proporciona razones más que suficientes para que no deseemos quemar todos los recursos de combustibles fósiles de que

dispone el planeta. Es decir, para que encontremos sustitutos a los combustibles fósiles para mucho antes de que empiecen a escasear.

La nueva economía del hidrógeno

Cada vez con más fuerza oímos hablar de las posibilidades del hidrógeno como fuente de energía inagotable, barata y limpia. En un reciente informe, la Agencia Internacional de la Energía afirma que el hidrógeno bien puede llegar a ser, a largo plazo, el mayor componente de los sistemas de energía limpia y renovable. Los EE UU han lanzado un programa de 5 años y 1.700 millones de dólares con objeto de comercializar automóviles movidos por hidrógeno. El presupuesto de la UE es de 600 millones de euros para el período 2002-2006 y el del gobierno japonés ha sido de unos 130 millones de dólares para el período 2000-2004.

Las fuentes de energía primarias son recursos naturales energéticos como el gas, el carbón, el petróleo, o el uranio. Algunas tienen la propiedad de ser renovables como la energía eólica, la hidráulica, o la del sol. En algunos casos, esta energía se consume de forma directa, como puede ser la quema de carbón para producir calor. En otros, se emplea para producir otras formas de energía que llamamos secundarias, que son luego empleadas en otros usos. El mejor ejemplo es la electricidad, que puede generarse a partir de cualquiera de las mencionadas anteriormente, y que se emplea, a su vez, para producir luz, calor, energía mecánica, etc. En este esquema, podemos comparar el hidrógeno a la electricidad. Por tanto, el hidrógeno no es una fuente de energía primaria. Es decir, primero necesitamos producir hidrógeno; después podemos emplearlo como fuente de energía. La aplicación de mayor interés para el hidrógeno es en los transportes. Puede tener dos usos alternativos. Uno es en un motor de combustión interna; de forma similar a como quemamos la gasolina. Dos ventajas importantes: la única emisión que se produce es vapor de agua, la eficiencia de este motor es mejor que la de un motor de gasolina. En el de hidrógeno un 50% de la energía contenida en el combustible es aprovechada, mientras que en el de gasolina sólo aprovechamos un 25%. Un paso más allá en el desarrollo de esta tecnología supone la utilización

de hidrógeno para la producción de electricidad. Para este fin se emplean una serie de reacciones químicas en presencia de ciertos catalizadores. El dispositivo se denomina célula de combustible (*fuel-cell*). En este caso, es posible desarrollar un motor ultra eficiente y limpio que hace uso del 67% de la energía contenida en el combustible y que no produce emisiones.

En la actualidad, **BMW**, **Ford** y **Mazda** disponen de prototipos que emplean hidrógeno como combustible con motores de combustión interna (H₂ ICE). También existen prototipos que emplean hidrógeno para generar electricidad como los FCHV-BUS2 y FCHV de **Toyota**, el FCX y el X-Trail FCV de **Nissan**, el Move FCV-K-2 de **Daihatsu** el F-Cell de **Mercedes** o el Hydrogen 3 de **Opel**. En Islandia ya circulan tres autobuses de transporte urbano que emplean esta tecnología y disponen de una estación de servicio que proporciona hidrógeno. También Japón cuenta con un amplio estudio experimental que ha puesto en circulación 12 vehículos y una estación de servicio. Japón también espera emplear esta tecnología para la producción de electricidad doméstica y los planes pretenden conseguir una participación de la generación de electricidad por hidrógeno en los hogares del orden del 4,5 % para el año 2010.

Realidad o ciencia ficción

La posibilidad de usar el agua para obtener hidrógeno y así disponer de una fuente de energía inagotable pertenece al campo de la ciencia ficción desde que en 1874 Julio Verne dijo que el agua sería el carbón del futuro. ¿Qué posibilidades tiene esta profecía de hacerse realidad? Puede parecernos que muchas, pero el camino que queda por recorrer es difícil y sinuoso.

Dificultades técnicas

En primer lugar las dificultades técnicas son numerosas y se refieren a la producción de hidrógeno, su almacenamiento, transporte y uso final.

El hidrógeno que encontramos en la naturaleza se encuentra unido químicamente a otros elementos. Por este motivo es necesario, en primer lugar, obtener hidrógeno molecular. Para este proceso necesitamos energía. Esta energía puede obtenerse de combustibles fósiles o de energías renovables. En el primer caso, el beneficio medioambiental del uso del hidrógeno se ve fuertemente reducido por las emisiones asociadas a la producción del hidrógeno. A este hidrógeno algunos lo llaman «sucio». En el caso de emplear energías renovables para producir el hidrógeno, obtenemos hidrógeno «limpio»; en este caso no se produce CO_2 en ninguna etapa de su ciclo: ni en la producción, ni en el uso final.

Otro problema tecnológico de gran envergadura se refiere al almacenamiento y transporte del hidrógeno. El hidrógeno es un gas muy ligero; en condiciones ambientales, ocupa un volumen 3000 veces mayor que el ocupado por la cantidad de gasolina que produce la misma energía. Esto hace inviable el uso de hidrógeno en condiciones ambientales, es necesario hacer algo para que ocupe menos volumen. Las soluciones son: comprimirlo o licuarlo. Los prototipos actuales emplean gas presurizado o comprimido, en estos casos, el incremento de volumen ocupado respecto a la gasolina es de un factor cuatro. Esta razón puede mejorarse empleando gas licuado, pero en este caso aparece otro problema: es necesario mantener los depósitos a muy baja temperatura. El problema del volumen del hidrógeno se manifiesta en varios momentos de lo que sería el ciclo de vida de este recurso energético: en el almacenamiento asociado a la producción, en el transporte hasta los puntos de distribución y en el almacenamiento en el propio vehículo.

La gran baza del hidrógeno como fuente de energía se refiere a su uso para generar electricidad para el transporte. En este caso se pueden conseguir motores de una gran eficiencia energética (67%) sin emisiones contaminantes. Para este fin se emplean dispositivos conocidos como células de combustible. Estos dispositivos, se conocen desde 1800 y ya han sido empleados en naves espaciales. Su uso de forma intensiva en el sector de la automoción requiere de un desarrollo tecnológico que permita abaratar costes y aumentar la robustez.

Dificultades socioeconómicas

La primera de las dificultades económicas se refiere al coste de producción. Actualmente cuesta 1,32 euros producir el hidrógeno necesario para suministrar la misma cantidad de energía que un litro de gasolina. Los análisis económicos realizados hasta la fecha indican que sólo se consumirá hidrógeno de forma masiva si el coste de la producción de la cantidad de hidrógeno equivalente a un litro de gasolina disminuye hasta 0,26 euros. Los esfuerzos realizados durante los últimos tres años han conseguido una reducción del coste de producción próximo al 35%. Una simple extrapolación de este dato nos da una idea de cuán lejos se halla el hidrógeno de ser económicamente competitivo frente a la gasolina.

En segundo lugar, es necesario crear la infraestructura necesaria para la distribución y el abastecimiento. Es necesario traer a la mente la infraestructura existente en la actualidad para el abastecimiento de gasolinas, gasóleos y gas. Si la red de distribución del hidrógeno no resulta competitiva con esta otra, difícilmente esta tecnología podrá abrirse paso. ¿Quién va a comprarse un coche que emplea hidrógeno por muy limpio y eficiente que sea, si tiene que recorrer más de diez kilómetros para repostar o si le caben dudas respecto a la posibilidad real de repostar cuando sea necesario?

Esta cuestión nos lleva a un último problema de gran complejidad: la aceptación por parte de los consumidores. Otros intentos previos, como los que empleaban electricidad, metanol, o gas natural comprimido como combustibles para la automoción, han visto cómo los consumidores les daban la espalda, por muy eficientes y limpios que fueran. Parece que en esta ocasión no podemos permitirnos fallar en la búsqueda de una alternativa.

La transición de una economía a otra

La opción fundamental de países como los EE UU consiste en continuar, sin restricción alguna, su actividad económica basada en la quema de combustibles fósiles (lo que se conoce como «*business as usual*»). Es

decir, sin prestar demasiada, quizá ninguna, atención a cuestiones como la reducción de emisiones de CO₂. En paralelo se desarrollaría la tecnología necesaria para crear una economía basada en el uso del hidrógeno. Cuando ésta estuviera lista, se pasaría de una a otra. Lamentablemente, este escenario no es admisible desde el punto de vista del cambio climático. Es necesario iniciar una reducción de emisiones ahora, no es posible esperar hasta el largo plazo en el que podemos suponer que el hidrógeno sea competitivo. También es necesario preparar la transición de una economía a otra. Estudios de nuestra historia reciente demuestran que durante los inicios de una nueva tecnología, ésta consume más de lo que realmente aporta, hasta que, alcanzada la madurez, tecnológica, social y económica, es capaz de producir beneficios y crecimiento. Se estima que los periodos históricos en los que se han dado transiciones de un sistema energético a otro han venido a durar entre 75 y 100 años.

Al igual que, en su día, la industrialización o, más recientemente, las nuevas tecnologías informáticas se han sugerido como atajos para el desarrollo de los países del tercer mundo, también ahora algunos sugieren lo mismo con esta nueva economía del hidrógeno que se postula. ¿Será posible que estos países se suban al tren del desarrollo directamente en la estación del hidrógeno sin pasar por las anteriores? Deseable parece ser, aunque hay un largo trecho que recorrer. De hecho, encontrar una alternativa al uso de los combustibles fósiles, al menos en generación eléctrica y transporte, es una exigencia ineludible para todos. La transición debe hacerse desde ahora, potenciando la investigación y el desarrollo tecnológico necesario, pero también apoyando la creación de infraestructura necesaria, y la información a los consumidores. El tránsito de una economía a otra no será sencillo, ni rápido ni barato. ■