

EL HIDRÓGENO COMO DE LOS TRACTORES

La presentación en la SIMA de París, el pasado mes de febrero, de un prototipo de tractor agrícola New Holland NH², ha despertado el interés en el sector agrícola por el hidrógeno como combustible.

LUIS MÁRQUEZ

Dr. Ing. Agrónomo

Aunque desde hace algún tiempo se viene experimentando con automóviles propulsados por hidrógeno, el aprovechamiento del hidrógeno en tractores parecía más lejano, ya que habría que contar con estaciones de suministro de este gas en zonas alejadas de los grandes núcleos de población. La propuesta de New Holland, basada en la obtención de hidrógeno en la propia explotación agraria, cambiaría el panorama, y haría posible que los agricultores produjeran el combustible para sus tractores.

Aunque todavía tardará bastantes años en que el sistema pueda estar operativo, conviene abordar un análisis de la tecnología disponible, para detectar las ventajas que ofrece y lo que pueden ser los puntos críticos que limitarían su puesta en el mercado.



El elemento químico más abundante

El hidrógeno es el compuesto químico más sencillo que se encuentra en la naturaleza, ya que está formado por un protón y un electrón. Se presenta como gas en su forma molecular H₂ (dos átomos de hidrógeno forman su molécula), y para que pase a forma líquida hay que enfriarlo hasta 259°C bajo cero. Es

el elemento químico más abundante del universo, formando parte de las estrellas en estado de plasma.

En la Tierra, el hidrógeno se encuentra unido a otros elementos, formando otras moléculas, y está presente en el agua (H₂O) y en la mayoría de las sustancias orgánicas.

La reacción con el oxígeno da lugar a la formación de agua, siendo este un proceso de com-

COMBUSTIBLE AGRÍCOLAS

bustión en el que el hidrógeno actúa como combustible, desprendiendo calor. Cuando la reacción se realiza a presión constante y el agua formada se condensa se liberan 285 kJ de energía por mol de hidrógeno (2 gramos). Esto indica que el poder calorífico superior del hidrógeno es de 142.5 MJ/kg, y el inferior (que es el más importante en su aprovechamiento como combustible) de 120 MJ/kg.

Utilizando los poderes caloríficos como referencia con otros combustibles, se obtiene que 1 kg de hidrógeno equivale a 2.78 kg de gasolina, a 2.8 kg de gasóleo y a 3 kg de gas natural. Por otra parte, la combustión del hidrógeno en su reacción con el oxígeno del aire no contamina, ya que solo produce agua; nunca CO₂ como con los combustibles fósiles que incorporan carbono en su molécula.

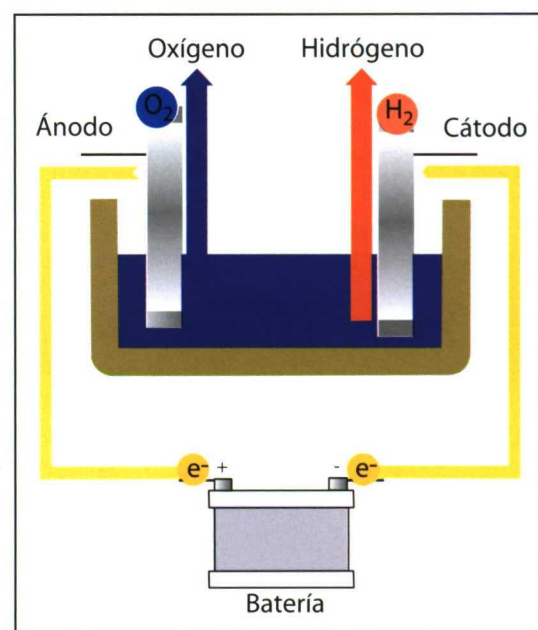
Pero también hay inconvenientes para utilizarlo, ya que no se encuentra en estado puro en nuestro planeta, por lo que hay que obtenerlo de manera eficiente a partir del agua o de compuestos orgánicos, a la vez que se necesitan habilitar sistemas de almacenamiento para suministrarlo, teniendo en cuenta que se trata de un gas, poco denso, que reacciona en contacto con el oxígeno del aire a la vez que desprende calor.

Obtención

La forma tradicional utilizada para la obtención del hidrógeno ha sido mediante la electrolisis, lo que necesita un aporte energético de 285 kJ/mol, igual al que se desprende en el proceso de combustión del hidrógeno. Esta energía se aporta de forma

eléctrica utilizando dos electrodos sumergidos en el agua; un ánodo en el que se desprende el oxígeno, que emite electrones al circuito eléctrico y en el que se produce la oxidación; y un cátodo en el que se desprende el hidrógeno, al que llegan los electrones del circuito eléctrico y en el que se produce la reacción de reducción. La 'comunicación' entre los electrodos la realizan los iones H⁺ (protones) disueltos en el agua.

La obtención industrial del hidrógeno se realiza a partir de los combustibles fósiles, ya que contiene este elemento en su



En 1959, Allis-Chalmers desarrolló un tractor (modelo D12) que utilizaba pilas de combustible con una capacidad de generar 15 kW de potencia (foto AGCO Corporation).

molécula. El proceso se conoce como 'reformado con vapor de agua', aportando energía, ya que se trata de un proceso que absorbe calor, utilizando un catalizador que acelera la velocidad de reacción, obteniéndose como productos principales hidrógeno y monóxido de carbono (CO).

Para reducir el consumo de energía se puede incorporar oxígeno (o aire) a la vez que se alimenta con agua, con lo que el proceso se convierte en ligeramente exotérmico. En este proceso también se produce CO₂ por la combustión de oxígeno, y el resultado final es una menor producción de hidrógeno.



Para obtener hidrógeno puro, en uno y otro caso, hay que realizar un conjunto de operaciones posteriores que permitan separar el hidrógeno de otros gases que lo acompañan.

Otro sistema para producir hidrógeno es a partir de la biomasa de los seres vivos, tanto vegetales (residuos vegetales, cultivos energéticos...) como animales (purines, residuos de mataderos...), ya que en ellos abundan los productos hidrogenados. Si se utiliza esta biomasa para la producción de gas (biogas) se obtiene H_2 y CO_2 . Aunque en este proceso se obtiene CO_2 , esto no supone aumento de emisiones a la atmósfera, ya que el carbono en la materia orgánica previamente ha sido fijado por las plantas en el proceso de fotosíntesis.

Almacenamiento, transporte y distribución

Para el almacenamiento a presión se utilizan tanques o cilindros de acero que admiten presiones de hasta 350 bar. La cantidad de gas almacenado aumenta cuando lo hace la presión de almacenamiento, por lo que

se buscan soluciones con materiales como la fibra de carbono o de aluminio con capacidad para soportar presiones de hasta 700 bar, lo cual es especialmente importante para el transporte.

Otra alternativa es el almacenamiento del hidrógeno en estado líquido, a temperaturas inferiores a los $253^\circ C$ bajo cero, para lo que se recurre a tanques especiales capaces de mantener en su interior bajas temperaturas, aunque solo se utilizan cuando se necesita maximizar la capacidad de almacenamiento en espacio reducido, como en algunas aplicaciones de transporte.

Hay otras formas de almacenar el hidrógeno que todavía hay que considerar como experimentales, como formando compuestos (hidruros metálicos) que son reversibles, y permiten recuperar el hidrógeno a medida que se necesita, ofreciendo seguridad para su almacenamiento y manipulación (estado sólido a temperatura y presión ambiental). El alto precio y el elevado peso de los componentes del sistema son sus principales desventajas.

Para la distribución generalizada se necesitaría contar con una red de estaciones de servicio, similar a las actuales para

combustibles gaseosos, que permitirían el abastecimiento del hidrógeno, de manera parecida a como ahora se hace con el gas comprimido, lo cual necesita fuertes inversiones y tiempo para implantarlo.

El funcionamiento de las pilas de combustible

Las pilas de combustible permiten transformar directamente la energía química en energía eléctrica. Para ello utilizan dos electrodos separados por un electrolito conductor iónico. Los productos que llegan a la pila de combustible son el hidrógeno y el oxígeno que reaccionan de manera separada; el hidrógeno molecular (H_2) se descompone en el ánodo en dos iones de hidrógeno (H^+ , protones) con desprendimiento de dos electrones; en el cátodo reacciona una molécula de oxígeno, con los cuatro iones de hidrógeno absorbiendo cuatro electrones para formar dos moléculas de agua. Para que la reacción tenga lugar, tanto en el ánodo como en el cátodo, se utilizan catalizadores. Los electrones y los protones siguen recorridos distintos entre ánodo y cátodo, ya que mientras que los protones lo hace a través del electrolito, los electrones lo hacen por un circuito eléctrico externo que acciona el motor del vehículo. En consecuencia, la combinación del hidrógeno con el oxígeno se realiza sin que entren en contacto.

Desde el punto de vista de sus aplicación práctica, se utilizan unidades de producción de energía apiladas (pilas de combustible), dando lugar a lo que se conoce como un 'stack', que se incluye en una estructura que hace posible la recepción de los gases y la disipación del calor generado, a la vez que dispone de los terminales para utilizar la energía producida.

Como ventajas que ofrecen las pilas de combustible se pueden destacar su carácter modular, que permiten adaptarse a la demanda de potencia, la alta eficiencia energética en la conversión de la energía, muy superior a la de los motores de combustión interna, y la flexibilidad de operación en un amplio rango de potencias suministradas, todo ello con un muy bajo nivel de contaminación ambiental por gases o ruido.

Las pilas de combustible tienen diferentes características de operación (temperatura de trabajo, tipo de combustible...), y para su clasificación se recurre al tipo de electrolito que utilizan. Las que se utilizan en vehículo de transporte son del tipo PEMFC, en las que el electrolito es una membrana de polímero sólido; pueden trabajar a baja temperatura (60-80°C) utilizando hidrógeno y ofrecen un arranque rápido y baja corrosión y mantenimiento. Se investiga sobre nuevos diseños, materiales y tecnología de conformado de los componentes de las pilas de tipo PEM, para desarrollar electrodos más baratos (menor cantidad de platino).

La propuesta de New Holland

Lo que ha presentado New Holland, como bien advierte la empresa, es sólo un prototipo, con su correspondiente depósito de almacenamiento para el hidrógeno, situado en el lugar que ocupa el motor en los tractores clásicos, bajo el cual se sitúan las pilas de combustible que alimentan dos motores eléctricos, un para la transmisión y otro para la toma de fuerza y servicios auxiliares.

La estructura general es la de un tractor New Holland de la serie T6000, y indican que proporciona una potencia de 75 kW (106 CV) con sistema de transmisión por variación continua desde los motores eléctricos, tanto para la transmisión como para la toma de fuerza.

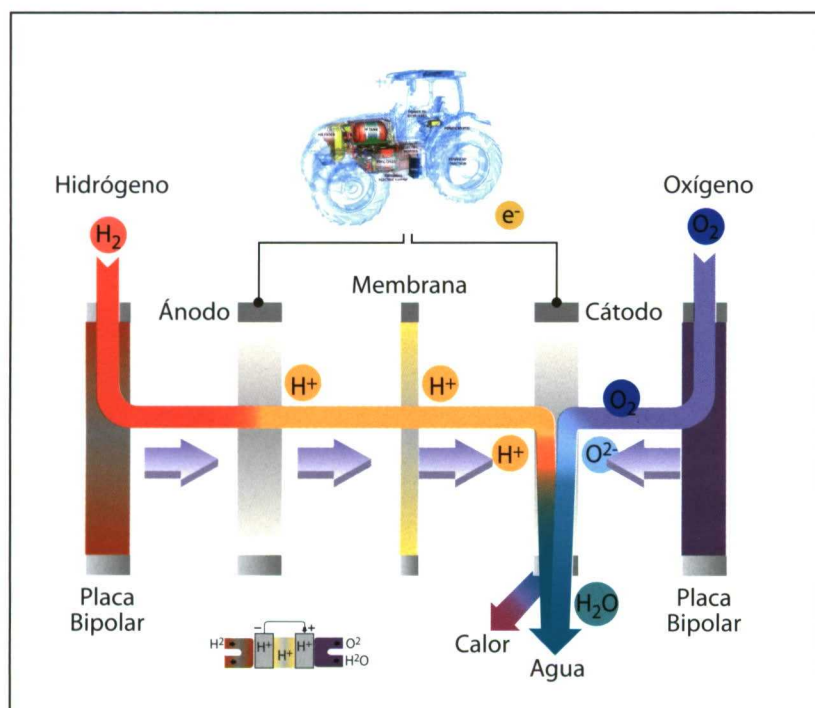
Con esta situación, el sistema hidráulico sería sustituido por un sistema eléctrico, más eficiente. En conjunto sería un tractor más ligero, aunque habría que lastrarlo en función del esfuerzo de tracción realizado, silencioso y sin emisión de gases por el escape, ya que de la pila de combustible solo se expulsa vapor de agua.

¿Cuáles son sus limitaciones?. En primer lugar el coste de la pila de combustible del tipo PEMFC que contiene platino, aunque éste tiende a reducirse con la investigación de nuevos materiales. Otro aspecto a tener en cuenta es la capacidad del depósito de hidrógeno. Cuando se circula con un vehículo de gas natural comprimido, prácticamente cada 100 km hay que repostar. Aunque el repostaje se pueda hacer en la propia explotación agrícola en la que trabaja el tractor, esto hay que tenerlo en cuenta, ya que se reduce la capacidad e trabajo.

En mi opinión, el punto más crítico, no imputable al tractor, es la producción de hidrógeno comprimido y con el suficiente grado de pureza en la propia explotación agrícola. La producción de biogás a partir de materia orgánica es relativamente sencilla, pero purificar este gas para conseguir hidrógeno con el grado de pureza que necesitan las pilas de combustible del tipo PEMFC no es tan sencillo. Tampoco es fácil comprimir este hidrógeno para que la capacidad del depósito de tractor permita una autonomía aceptable.

Habrá que esperar a que la industria del automóvil, una vez que se recupere de la crisis que ahora atraviesa, mejore en su conjunto la tecnología del hidrógeno como propulsor de vehículos, y a partir de ella llegará a los tractores agrícolas.

Esto no quiere decir que los agricultores no puedan producir energía a partir de residuos agrícolas y de cultivos energéticos, pero para poder alimentar con hidrógeno sus tractores tendrán que esperar algunos años. ■



BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

El hidrógeno y las pilas de combustible. El recorrido de la energía. Ed.: Junta de Castilla y León y Fundación CIDAUT, año 2007. Publicación basada en la documentación del Instituto Catalán de la Energía.