

El HIDRÓ

energético del futuro

Laura Gasque

Poco a poco se acerca el día en que este elemento químico sea el combustible de los automóviles, como ya sucede con los transbordadores espaciales.

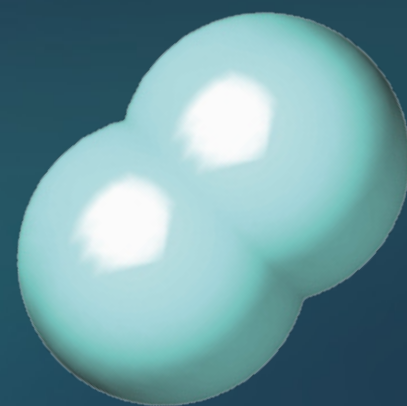


Ilustración: Raul Cruz Figueroa

GENO

Todo el hidrógeno del mundo podría transformarse de una sola vez y el éxito del experimento propagarse en el Universo como una nueva estrella.

Francis William Aston, Premio Nobel de Química en 1922



EL FIN DE LA ERA del petróleo ya se vislumbra y un candidato cada vez más firme para obtener energía es el hidrógeno. Los átomos de este elemento químico se componen de tan sólo un protón y un electrón, y son los más abundantes: cerca del 90% de todos los átomos que existen en el Universo son de hidrógeno.

En nuestro planeta este elemento no es tan abundante: aproximadamente el 15% de todos los átomos son de hidrógeno y juntos constituyen apenas el 0.9% de la masa total del planeta.

La mayoría de los átomos de hidrógeno que existen en la Tierra están en las moléculas de agua. Pese a su relativa escasez en este planeta, el hidrógeno forma parte de un mayor número de compuestos químicos que ningún otro elemento.

En estado elemental, el hidrógeno es un gas formado por moléculas diatómicas,

que sólo alcanzan a ser una millonésima parte de la atmósfera; por ser tan ligeras, la gravedad de la Tierra no alcanza a retenerlas.

La reacción entre el hidrógeno (H₂) y el oxígeno elementales (O₂) produce moléculas de agua y desprende una importante cantidad de energía. Esto sucede porque los enlaces de la molécula de agua son más

fuertes que los enlaces en las moléculas de H₂ y O₂.



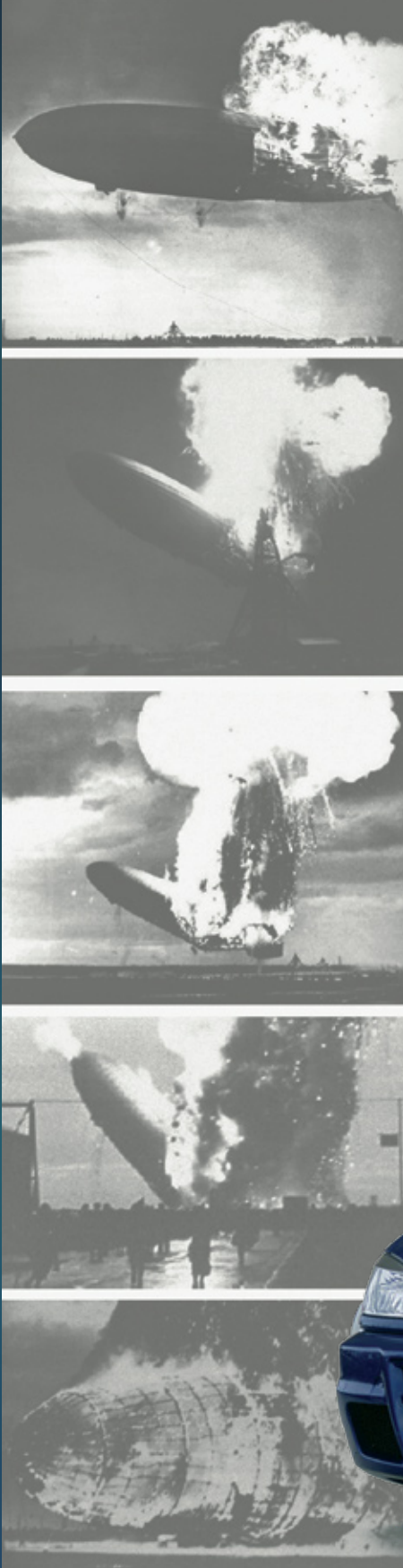
Ésta es la reacción que se usó, por ejemplo, en los cohetes Saturno V (uno de los cuales puso en el espacio al Apolo 11, la primera misión tripulada a la Luna) y los transpor-



Lanzamiento de *New Horizons* camino a Plutón el 19 de enero de 2006.

Foto: cortesía NASA/KSC

Incendio del *Hindenburg*



dadores espaciales, que utilizan hidrógeno elemental como combustible.

La sombra del *Hindenburg*

La reacción del hidrógeno con el oxígeno es peligrosa por explosiva, pero el peligro se ha exagerado desde la explosión del dirigible *Hindenburg*, en 1937. El esqueleto del *Hindenburg* estaba armado con varas de madera, cuerdas de seda y laca. Para la cubierta se usó tela de algodón, recubierta primero con una capa de acetato de celulosa —uno de los componentes de la pólvora— y después con aluminio metálico en polvo. La violenta reacción del aluminio metálico pulverizado con el oxígeno se utiliza también en los combustibles de los cohetes espaciales y es el principal responsable de la gran luminosidad de la llama de éstos. El incendio del *Hindenburg* fue provocado por una chispa de electricidad estática del aire, que causó que el aluminio de la cubierta se incendiara y con él el resto de los materiales, todos inflamables, con los que estaba hecho el globo; y desde luego, también el hidrógeno. El hidrógeno arde con una flama casi invisible y por su extrema ligereza, tiende a dispersarse hacia arriba. En el caso del *Hindenburg*, se tiene registro de que todo el hidrógeno que contenía se consumió en tan solo 37 segundos. El fuego que se ve en las fotos no puede atribuirse a la combustión del hidrógeno, sino a la de los materiales del globo y al combustible diesel que alimentaba sus motores.

De los 97 pasajeros y tripulantes del dirigible, 36 perdieron la vida, 33 de ellos por haber caído o saltado intencionalmente al vacío. Sólo tres de las vícti-

mas murieron por quemaduras, seguramente causadas no por la combustión del hidrógeno, sino por la del diesel usado como combustible del dirigible, ya que la cabina de los pasajeros se ubicaba bajo el globo. El diesel y el resto de los materiales inflamables tardaron 10 horas en consumirse.

¿Adiós a la gasolina?

Hoy en día existen varios prototipos de automóviles impulsados por la energía mecánica generada por la reacción del hidrógeno con el oxígeno. Los fabrican compañías como BMW de Alemania y Mazda de Japón, asociada con la estadounidense Ford. Para hacer automóviles de combustión interna impulsados por hidrógeno elemental se requiere una tecnología parecida a la que se usa para producir motores movidos por gas natural, que ya abundan en nuestros días. La combustión del hidrógeno en estos motores aún no es perfecta. Su fuente de oxígeno es el aire, por lo que inevitablemente una pequeña fracción de nitrógeno interviene en la combustión y forma óxidos de nitrógeno, NO_x , que producen el esmog fotoquímico y el ozono “malo”.

Comparado con la gasolina, el hidrógeno como combustible extiende la vida del motor y reduce el mantenimiento, ya que no se acumula carbón en la cámara de combustión ni en las bujías, y los gases resultantes son tan limpios que casi no se necesita cambiar el aceite del motor, sólo



hay que restituirlo periódicamente. Sin embargo, los inconvenientes siguen siendo mayores que las ventajas. Como las moléculas de hidrógeno son tan pequeñas, se requiere mucha energía para comprimirlo o licuarlo. Por la misma razón, el gas se fuga con mucha facilidad de los recipientes que lo contienen; incluso en el mejor tanque, el H_2 se evapora a una tasa de 3% diario.

Del hidrógeno a la electricidad

Otra posibilidad es aprovechar la energía química liberada cuando el hidrógeno reacciona con el oxígeno, no como energía mecánica o térmica, sino almacenándola como energía eléctrica. Esta alternativa se va haciendo cada vez más viable. Los dispositivos que producen electricidad a partir de esta reacción se conocen como *celdas de combustible* (véase recuadro).

En las celdas de combustible la energía química se convierte en electricidad sin necesidad de combustión. Se hace reaccionar el hidrógeno con el oxígeno en dos electrodos (los “polos”, o “bornes”, de una pila) separados por una membrana de plástico delgada. En uno de los electrodos las moléculas de hidrógeno se despojan de sus electrones. Éstos se suministran al circuito externo al que la celda alimenta para realizar trabajo. Los protones de las moléculas de hidrógeno atraviesan la membrana y van al otro electrodo, donde se mezclan con el oxígeno y los electrones en circulación para dar agua. Es decir, las celdas de combustible permiten obtener energía eléctrica totalmente limpia a partir de la reacción química entre el hidrógeno y el oxígeno.

Uno de los reactivos necesarios, el oxígeno, se obtiene directamente del aire y es virtualmente inagotable. Cómo obtener el hidrógeno es otra historia.

Las fuentes

El hidrógeno se encuentra combinado en forma de agua o de compuestos orgánicos. Por lo tanto, se puede obtener de esas fuentes, pero para separarlo de sus compuestos es preciso suministrar energía. Hoy en día el hidrógeno se obtiene principalmente de sustancias extraídas del petróleo: hidrocarburos gaseosos como el metano y el propano, o alcoholes como el metanol o el etanol, que son líquidos.



Obtener hidrógeno del metano, por ejemplo, tiene dos inconvenientes. El primero es que el metano del que se parte se obtiene principalmente del petróleo, que se está agotando. Este inconveniente podría evitarse porque se puede extraer metano de *biomasa* (mediante fermentaciones llevadas a cabo por microorganismos sobre materia orgánica de desecho) y este proceso podría volverse la principal fuente de metano. El segundo inconveniente es que el proceso genera dióxido de carbono, igual que cuando se quema el gas natural, lo que contribuye al calentamiento global.

La obtención de hidrógeno a partir de metanol, CH_3OH , tiene las mismas desventajas que a partir de metano. La ventaja que ofrece el metanol sobre el metano es que mientras que éste es un gas, aquél es un líquido, que podría transportarse y almacenarse de manera semejante a la

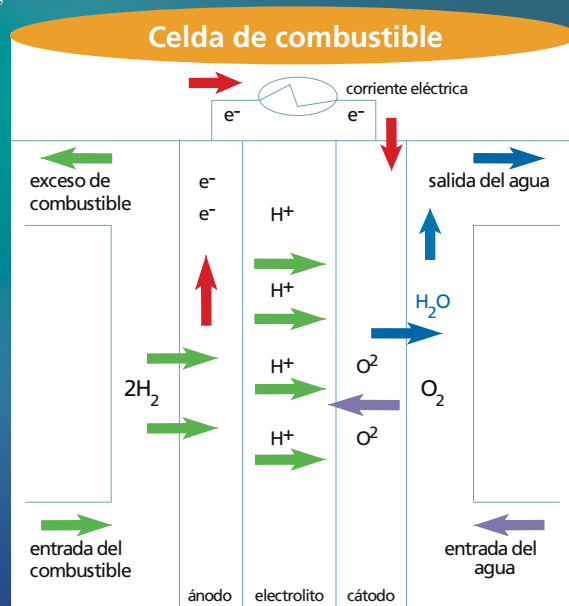
gasolina. El inconveniente es que la materia prima para obtener metanol, es justamente el metano. El etanol también puede utilizarse para obtener hidrógeno, con la ventaja de que es un alcohol más fácil de obtener biotecnológicamente, mediante la fermentación de azúcares.

Desde luego, también es posible obtener el hidrógeno elemental a partir del agua, que en tanta abundancia tenemos. Sin embargo, la manera más simple y directa de separar el agua en sus componentes, la electrólisis, no representa ninguna ganancia en cuanto al balance total de energía: para efectuarla hay que proporcionar la misma cantidad de energía eléctrica que la que se obtiene al realizar la reacción inversa. Si esa energía eléctrica se obtuvo a partir de la principal fuente actual en nuestro planeta, una planta termoeléctrica, estaremos sólo dando la vuelta al problema y seguiremos quemando combustibles fósiles.

Pero existen otras posibilidades. Si para hidrolizar el agua usamos electricidad proveniente de una planta nuclear, hidroeléctrica o eólica, las pilas de combustible se convierten en una buena manera de almacenar y transportar esa energía. La energía del Sol también puede ser la solución, ya sea porque la electricidad requerida para hidrolizar el agua puede provenir de celdas solares, o porque la luz solar por sí misma es capaz de separar el agua en sus componentes mediante el uso de catalizadores adecuados.

Los coches eléctricos hoy

Los primeros automóviles eléctricos se desarrollaron en la primera mitad del siglo XIX y llegaron a tener cierto auge durante la primera década del siglo



XX. Sin embargo, la poca durabilidad de las baterías disponibles en aquel entonces y el advenimiento del automóvil con motor de combustión, así como el incremento en las exploraciones petroleras, hicieron que los autos eléctricos se convirtieran en una curiosidad. En 1912 un automóvil eléctrico costaba 1 750 dólares, mientras que uno con motor de gasolina se adquiría por 650. El interés en los coches eléctricos resurgió a partir de los años 70 con las crisis energéticas provocadas por los embargos petroleros de los países árabes.

En la actualidad, los vehículos eléctricos más populares no son solamente eléctricos, sino *híbridos*. Se llama híbrido a cualquier vehículo que utilice dos fuentes de energía, pero actualmente el término se ha vuelto casi exclusivo para designar autos impulsados por energía eléctrica y energía proveniente de la combustión de gasolina. Esta combinación logra rendimientos de gasolina del orden de 20 kilómetros por



litro, con una potencia comparable a la de los autos con motores tradicionales a base de gasolina. En realidad esta tecnología es solamente un paso en la transición de los vehículos altamente contaminantes con motor de combustión interna hacia vehículos impulsados por fuentes de energía limpia, como

podrían ser las celdas de combustible.

La mayoría de las compañías fabricantes de automóviles llevan a cabo hoy en día intensos programas de investigación y desarrollo encaminados a producir autos movidos por celdas de combustible. Por ejemplo, Ford tiene ya un modelo de automóvil de este tipo, del cual ha distribuido, a manera de prueba, varias decenas en los Estados Unidos, Canadá y Alemania. La producción de estos vehículos a nivel comercial está a la espera de un sistema de distribución de hidrógeno que permita a los consumidores reabastecer sus autos. Ford, en colaboración con su socio Mazda, ha promovido la instalación de estaciones de hidrógeno en Hiroshima, Detroit y Berlín. Honda no sólo tiene planes de producir comercialmente su vehículo de celdas de combustible para el año 2010, sino que también participa en el desarrollo de una *estación casera de energía*, capaz de producir hidrógeno a partir de gas natural en una escala doméstica.

El petróleo empieza a escasear y el hidrógeno abunda; la transición no será fácil, pero es inexorable. Nos dirigimos hacia una nueva tecnología energética, que traerá profundos cambios en el ámbito económico y social. ◀

Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Laura Gasque Silva es doctora en química inorgánica. Trabaja en la Facultad de Química de la UNAM, donde imparte cursos en la licenciatura y el posgrado, y realiza investigación en química de coordinación y bioinorgánica.

Al volante de un F-Cell

En junio de 2005 la compañía DaimlerChrysler invitó a varios periodistas especializados en la industria automovilística a su simposio de innovación, en Washington, D.C. Por una confusión muy afortunada, me invitaron a mí también.

Una de las innovaciones que presentó la compañía fue el prototipo *F-Cell*, un coche con la carrocería de un Mercedes-Benz Clase A, pero con motor eléctrico alimentado por celdas de combustible.

Al tercer día del simposio nos trasladaron al estacionamiento del Estadio FedEx. Ahí había un circuito de pruebas de manejo y unos 20 modelos de DaimlerChrysler para probar. Me registré para conducir el *F-Cell*. Don, un amable asistente, se subió conmigo al coche y me explicó brevemente que el vehículo usaba hidrógeno como combustible y emitía vapor de agua como desecho. Luego Don hizo girar la llave de encendido.

No pasó nada.

—Ya está en marcha —me dijo Don—. Manéjalo como si fuera un coche normal de transmisión automática.

Pisé el acelerador con cautela porque no sabía cómo iba a reaccionar el motor eléctrico. El coche arrancó sin hacer ruido y con una aceleración que no le pedía nada a la de un vehículo de gasolina. En la recta inicial Don me animó a ir más rápido. Hundi el acelerador y el coche salió disparado.

Un automóvil eléctrico no necesita caja de transmisión (o "velocidades"): el motor suministra directamente una potencia tan baja o tan alta como sea necesario sin tener que pasar por un complicado sistema de engranes que aumentan la potencia a expensas de la velocidad y viceversa. El conductor sólo tiene que variar la alimentación eléctrica por medio del acelerador y la velocidad del vehículo

aumenta continuamente, sin las sacudidas que da un automóvil convencional de transmisión automática a cada cambio de velocidad.

Como no tiene pistones que suban y bajen a alta velocidad al producirse explosiones controladas, el *F-Cell* no vibra. Al principio uno echa de menos el ruido del motor y las vibraciones que en un coche normal le dan al conductor información acerca de la potencia y las condiciones en que está operando el motor. Pero no cuesta trabajo acostumbrarse al silencio y la suavidad de marcha de un vehículo eléctrico.

Pese a todo, los autos alimentados por celdas de combustible aún no tienen la potencia que los automovilistas esperan de sus vehículos. Otra desventaja es que todavía no se encuentra la manera de almacenar a bordo suficiente hidrógeno para darle al coche la autonomía a la que estamos acostumbrados (más de 400 kilómetros por tanque).

Le pregunto a Don cuánto cuesta un *F-Cell*. Luego de recordarme que estamos a bordo de un prototipo del que hay unos 60 ejemplares, me suelta la cifra: alrededor de un millón de dólares; desde luego, tomando en cuenta todo lo que la compañía ha invertido en investigación y desarrollo. Cuando el *F-Cell* se produzca en serie tendrá que ser mucho más barato. Pero antes habrá que construir una red de estaciones de reabastecimiento de hidrógeno. Y antes de eso, habrá que encontrar la manera de obtener hidrógeno sin producir los mismos contaminantes que se pretende evitar con esta tecnología.

Pese al entusiasmo de Don, lo cierto es que, por el momento, DaimlerChrysler le está apostando más a los vehículos híbridos.

Sergio de Régules