

Esta serie rescata algunos temas didácticos para ayudarse en la exposición de cada uno de los elementos químicos en un curso de Química General o de Química Inorgánica.

Hidrógeno

Por Laura Gasque Silva*

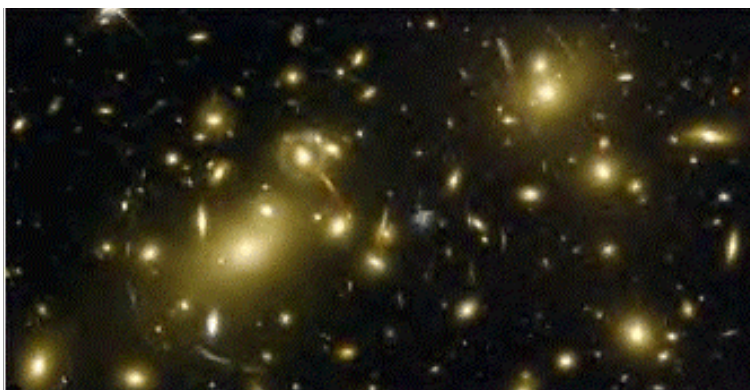
Abstract (Hydrogen)

The lightest and by far the most abundant element in the Universe, hydrogen has a great chemical and industrial relevance at present. In the future, it may become even more valuable as its applications as an energy source become common practice.

Introducción

Se piensa que el primero en conocerlo fue Paracelso, pues en el siglo XVI describió un gas inflamable que se obtenía al hacer reaccionar un ácido con un metal. Más tarde Boyle, en 1671, explicó cómo se puede generar un gas inflamable simplemente añadiendo ácido diluido a limaduras de hierro en un tubo de ensayo, experimento que ha sido repetido a través de varios siglos por los estudiantes de química elemental. Pero no fue sino hasta 1766 que Cavendish demostró que éste era un gas diferente a otros gases combustibles conocidos en aquel tiempo, debido a su notablemente baja densidad; sin embargo, erróneamente creía que la fuente de este gas era el metal, no el agua. Sin embargo, en 1781 él demostró que se forma agua cuando este gas se quema, razón por la que Lavoisier le puso el nombre de *hidrógeno*, que significa “generador de agua”.

El Universo es casi puro hidrógeno, ya que constituye aproximadamente el 90% de los átomos en él. Según la teoría más aceptada en la actualidad acerca del origen del Universo, conocida como de la gran explosión o *big bang*, toda la materia se encontraba inicialmente contenida en un núcleo primal de densidad inmensa ($\sim 10^{96}$ g/cm³) a una inimaginablemente alta temperatura ($\sim 10^{32}$ K), que por alguna razón explotó y empezó a distribuir energía y materia a través del espacio. Conforme el Universo se expandió, su temperatura descendió. Se piensa que en tan sólo un segundo después de la gran explosión, después de un periodo de intensa aniquilación entre



partículas y antipartículas para originar fotones, el Universo se pobló de partículas que ahora son familiares para los químicos: protones, neutrones y electrones.

Así se originaron los primeros átomos, de hidrógeno principalmente, de deuterio y algunos de helio. La fabricación de los elementos empezó aproximadamente a los 10 segundos del *big bang*, y en menos de ocho minutos, se calcula que cerca de la cuarta parte de la masa del Universo se convirtió en núcleos de helio, mientras que el resto seguía siendo hidrógeno, composición no muy distinta a la propuesta en la actualidad por observaciones espectroscópicas.

En nuestro planeta, aproximadamente el 15% de todos los átomos son de hidrógeno, pero debido a su ligereza, éstos constituyen únicamente el 0.9% de la masa de la Tierra. La mayor parte de los átomos de hidrógeno sobre la Tierra forma parte de las moléculas de agua, pues el hidrógeno gaseoso se ha ido retirando de la atmósfera debido a su baja densidad. Si consideramos únicamente la materia sólida, en la corteza terrestre el hidrógeno es el décimo elemento en orden de abundancia en masa, contribuyendo apenas con un 0.15%. Pero el hidrógeno forma parte de un mayor número de compuestos químicos que ningún otro elemento. (Es común suponer, equivocadamente, que este mérito le pertenece al carbono, pero no hay que olvidar que en la inmensa mayoría de los compuestos de carbono, también hay hidrógeno.) De la atmósfera, sin embargo, en estado elemental, sólo constituye una millonésima parte a nivel

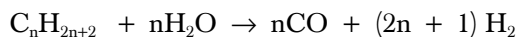
* Depto de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química, UNAM, 04510 México, DF.

Correo electrónico: gasquel@servidor.unam.mx

Recibido: 12 de agosto de 2003; aceptado: 12 de septiembre de 2003.

del mar, aumentando un poco su concentración en las capas superiores, ya que la gravedad de la Tierra no logra atraparlo en mayores cantidades.

Existen varias maneras de obtener hidrógeno químicamente, además de la reacción de agua o ácido con algunos metales, conocida hace siglos, que se mencionó arriba. Entre las principales se encuentra la electrólisis de agua, que produce el hidrógeno con una pureza mayor al 99.95%, aunque es un proceso relativamente caro. El proceso más económico, y por lo tanto más empleado, es a partir de carbón o de hidrocarburos ligeros y agua, a temperaturas cercanas a los 1,000°C y con la ayuda de un catalizador:



El hidrógeno no aparece en la lista de sustancias de mayor producción mundial principalmente porque aproximadamente el 97% de la producción se consume en las mismas plantas en las que se genera, para fabricar amoníaco o hidrogenar hidrocarburos. Aun así, solamente los EUA colocan en el mercado 5.4 millones de toneladas de hidrógeno anualmente, que parece poco comparado con las 44 millones de toneladas de ácido sulfúrico, pero tomando en cuenta las masas moleculares de estas dos sustancias, resulta que se producen 2.7×10^{12} moles de hidróge-



no y 4.49×10^{11} moles de ácido sulfúrico. También podríamos decir que por cada molécula de ácido sulfúrico que se produce, se producen seis moléculas de hidrógeno.

Y, ¿para qué tanto?

Por mucho, la principal aplicación del hidrógeno es en la fabricación de amoníaco, que se encuentra entre las diez sustancias con mayor producción en el mundo, y que es consumida principalmente en la fabricación de fertilizantes. Otro importante uso del hidrógeno es justamente en la hidrogenación de una gran variedad de compuestos orgánicos insaturados (con dobles enlaces), como los aceites vegetales líquidos que al solidificarse por la hidrogenación conocemos como margarinas.

El hidrógeno también participa como reactivo junto con el monóxido de carbono en la reacción más empleada en la actualidad para la producción de metanol.

Por otro lado, una posible aplicación futura del hidrógeno, que podría superar en magnitud a todas las existentes hoy en día, es como energético. El hidrógeno reacciona con el oxígeno del aire quemándose y desprendiendo una gran cantidad de energía, con la grandísima ventaja de no se produce contaminación alguna ya que el único producto de la reacción es el agua. Es decir, no habría gases como los óxidos de nitrógeno o de azufre que producen la lluvia ácida, ni dióxido de carbono que contribuya al calentamiento global, ni hidrocarburos cancerígenos, ni ozono. El hidrógeno ha sido el energético utilizado por la NASA en los cohetes Saturno y los transbordadores espaciales. Además, existen ya en la actualidad prototipos de automóviles que funcionan con hidrógeno en lugar de gasolina y varias marcas comerciales de automóviles están por sacar al mercado automóviles híbridos, cuyos motores pueden operar de la manera convencional, o utilizando la energía proveniente de lo que se conoce como *celdas de combustible*.

Una celda de combustible es un dispositivo con el que se aprovecha la energía eléctrica producida por la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno del aire. Mientras que el aire común funciona como una fuente ilimitada de oxígeno, el hidrógeno hay que obtenerlo a partir de alguna reacción química. Existen varias posibilidades para esto, como por ejemplo, a partir de metanol o metano, utilizando diversos catalizadores. También es posible extraer el hidrógeno del agua, pero para que resulte costeable, deberá

hacerse empleando alguna fuente de energía barata, como la solar, que aún se encuentra en fase experimental.

Algunos opositores alegan la alta peligrosidad que involucra el riesgo de una explosión durante el manejo y transporte de hidrógeno, sin recordar que los derivados del petróleo también son altamente explosivos.

Tal vez la célebre explosión del dirigible Hindenburg, que era tan largo como el Titanic —pero mucho más gordo— y que en 1937 estalló en llamas al aterrizar en un aeropuerto de Nueva Jersey, es la principal responsable del temor al hidrógeno. Sin embargo, algunas investigaciones realizadas en los últimos años indican que en el accidente del Hindenburg, el hidrógeno fue el menor de los problemas. Ahora se sabe que el material que recubría el cuerpo del globo era altamente inflamable, y que se incendió en los aires a causa de una descarga causada por una tormenta eléctrica. También se ha calculado que el total del hidrógeno contenido en el dirigible se quemó en menos de un minuto, mientras que el incendio en el aeropuerto se prolongó por varias horas, alimentado por el diesel que el vehículo utilizaba para hacer funcionar sus turbinas. La tragedia hubiera sido igual aun en el caso de que el dirigible hubiera utilizado al inerte helio como gas para elevarse.

En cuanto a la importancia del hidrógeno combinado químicamente con otros elementos, es notable que se han logrado preparar compuestos binarios conocidos como hidruros con prácticamente todos los elementos representativos, exceptuando a los gases nobles, y con todos los lantanoides y actinoides que se han estudiado. Existen también hidruros de los elementos transicionales más electropositivos, como Sc, Y, Ti, Zr, y Hf, mientras que con V, Nb, Ta, Cr, Cu y Zn son un poco menos estables. Con los restantes metales de transición, los hidruros simples son desconocidos o muy poco caracterizados, a ex-



Prototipo Fiat.

cepción del Pd, con el que se forma el sistema de hidruros más estudiado hasta la fecha. Sin embargo, recientemente se ha logrado preparar una importante cantidad de compuestos de coordinación donde el hidrógeno —como átomo en unos casos y como molécula en otros— es uno de los ligantes que rodean a un ion metálico como V, Nb, Cr, Mo, W, Re, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, y Pt.

Con los metales de los grupos 1 y 2 forma compuestos cristalinos cuyo comportamiento se explica de manera satisfactoria con el mismo modelo iónico con el que estudiamos al tan familiar cloruro de sodio. El tamaño del ion hidruro generalmente sorprende a los estudiantes, acostumbrados a pensar que el hidrógeno es un átomo muy pequeño. El ion hidruro es notablemente grande, debido a que tiene una nube de dos electrones atraída por un solo protón. Los valores encontrados experimentalmente para su radio iónico van desde 133 pm hasta 154 pm, es decir, itiene un tamaño intermedio entre el de un F^- (119 pm, con 10 electrones) y un Cl^- (167 pm con 18 electrones)! ■