

## EL HIDRÓGENO COMO COMPONENTE PRINCIPAL DEL AGUA

**José Luis Iturbe-García**

*Recibido: 21/11/2019, Aceptado: 20/12/2019.*

*Publicado en la web: 4/2/2020.*

### RESUMEN

El agua es un valioso recurso del que depende todo lo que existe en la biosfera, sin ella simplemente la vida no existiría. Tanto plantas como animales utilizan el agua, sin embargo, como está formada? Vamos a hacer un pequeño análisis de los elementos componentes del agua y uno de ellos es el hidrógeno siendo este elemento el que más contribuye en la formación de la molécula del agua. Se describen algunos puntos importantes del hidrógeno a partir de su origen el cual fue desde la formación del universo hasta su descubrimiento tal como lo conocemos hoy en día. El hidrógeno es el principal componente del cuerpo humano y se describen algunas de sus aplicaciones como combustible limpio, es decir, que al quemarse no produce contaminantes como el CO<sub>2</sub>.

*Palabras clave: Hidrógeno, Agua, Big Bang, Celdas de combustible.*

### INTRODUCCIÓN

El Big Bang, literalmente gran estallido, constituye el momento en que de la “nada” emerge toda la materia, es decir, el origen del Universo. Después de la “explosión”, al tiempo que el Universo se expandía (de la misma manera que al inflar un globo éste va ocupando más espacio), se enfrió lo suficiente y se formaron las primeras partículas subatómicas entre ellas: Electrones, Positrones, Mesones, Bariones, Neutrinos, Fotones y un largo etcétera hasta las más de 100 partículas conocidas hoy en día (Figura 1). Se produjo así el principio de expansión del universo que al ir expandiendo se enfrió, lo que permitió la formación de las primeras partículas llamadas quarks, y se diferenciaban ya las cuatro fuerzas principales: gravitacional, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil. Se cree que la temperatura durante el Big Bang era de aproximadamente  $1.4 \times 10^{12}$  K, en estas condiciones los quarks interactúan entre sí y forman protones que no es otra cosa más que el elemento hidrógeno, además surgieron los neutrones y después se estabilizan los electrones. Con estos sucesos se forma el primer elemento en el universo después de la gran explosión. Durante un tiempo comprendido entre 10 y 500 s, el universo se comporta como un colosal reactor nuclear de fusión, y va a convertir el H en Helio (He).

---

*Departamento de Química, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Carr. México-Toluca s/n La Marquesa, Ocoyoacac, Estado de México C.P. 52750, México.*

*\*Autor de correspondencia: joseluis.iturbe@inin.gob.mx*

Se cree que a los 8 minutos después del Big-Bang la composición del universo era un cuarto de la masa del elemento He y dos cuartas partes de H, también ya se habían formado algunos otros elementos como deuterio (<sup>2</sup>H) en 10-3% y 10-6% núcleos de Litio (Li). Ello tiene lógica, pues para que dos núcleos atómicos se fusionen es necesario vencer la fuerza eléctrica de repulsión de estas partículas, de tal manera que puedan acercarse a una distancia que les permitan atraerse mediante la denominada “fuerza nuclear fuerte” (Bilski E. (S.F. 2007).

A partir de allí ya no es posible continuar la fusión de núcleos, por lo que entra en vigencia una vía energéticamente menos exigente: la captura de neutrones que, al no tener carga eléctrica, pueden penetrar en los núcleos sin ser rechazados. Luego este núcleo emite radiación beta, dando origen a un nuevo elemento. Y así sucesivamente hasta formar a todos los elementos naturales que se conocen hoy en día (Iturbe-García, 2001).

El hidrógeno es el elemento más abundante de todo el Universo. Generalmente se encuentra en forma de plasma y en estado atómico, estimando alrededor del 75% de la masa elemental, cuyas propiedades son diferentes a las propiedades del hidrógeno gaseoso (H<sub>2</sub>) o hidrógeno molecular. Las nebulosas como parte fundamental de la mayoría de las galaxias están formadas por hidrógeno ionizado. Abunda tanto hidrógeno que se ha estimado que representa el 90% de los átomos que contiene el universo (Bilski E. (S.F., 2007).

### DESCUBRIMIENTO DEL HIDRÓGENO

El H se descubrió como tal hasta el siglo XVI, en donde participaron varios científicos para darle el nombre que tiene

actualmente. Lo descubrió T. Von Hohenheim cuyo nombre completo fue Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus Von Hohenheim tenía una Profesión de Médico y Alquimista, nació el 11 de noviembre de 1493 en Einsiedeln, Suiza. Murió el 24 de septiembre de 1541 a la edad de 48 años. Sin embargo, fue hasta 1766 cuando Henry Cavendish lo descubrió en estado puro. Henry Cavendish fue un científico muy brillante con profesión de Físico y químico aunque se le considera británico debido a que sus padres lo llevaron muy pequeño a Londres, nació en Niza, Francia, el día 10 de octubre de 1731. Además, fue el primero en distinguir la presencia de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de H<sub>2</sub> en el aire, también determinó la densidad y la masa de la tierra entre otras cosas estudiadas por él. En 1760 fue nombrado miembro de la Royal Society. Éste importante científico falleció el día 24 de Febrero de 1810 a la edad de 79 años. Otro de los científicos que tuvo que ver con el H fue el químico francés Antoine Laurent Lavoisier quien le dio el nombre de hidrógeno en 1781. Nació en París el 26 de agosto de 1743 y el 8 de mayo de 1794, un tribunal revolucionario lo juzgó y fue guillotinado el mismo día a la edad de 51 años (Ashcroft, 2000).

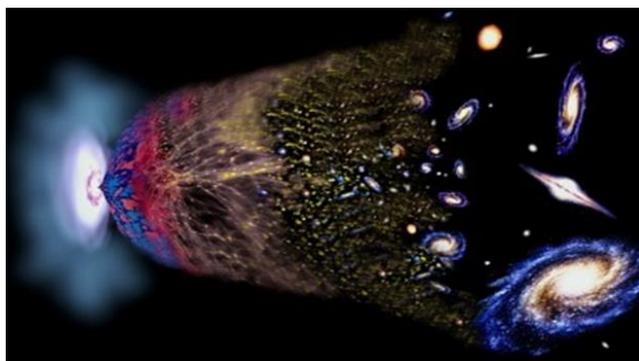


Figura 1. Imagen que representa la gran explosión o Big Bang.

## ALGUNAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL HIDRÓGENO

El H<sub>2</sub> es el más simple de todos los elementos que se encuentran en la naturaleza. Está compuesto por un solo protón en su núcleo y acompañado de un electrón. Su simplicidad le dio la oportunidad de ser el primer elemento en formarse luego del Big Bang, por lo tanto es el elemento químico más antiguo. El protio como también se le conoce, es el isótopo más común del H, es el único isótopo estable que no posee neutrones puesto que todos los isotopos estables o inestables los contienen dentro de sus núcleos. Además, es el único elemento que tiene nombres y símbolos diferentes para cada uno de los isótopos, los cuales se encuentran en la Tabla 1.

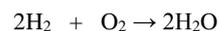
En el hidrógeno natural hay 99.985% de protio, 0.015% de deuterio y prácticamente nada de tritio puesto que este último es un isótopo artificial. Otra de las particularidades del hidrógeno es que es el más ligero de todos los elementos. Es tan ligero que los gases que componen la atmósfera, hacen que el mismo tienda a

subir hasta las capas más altas y así escapar al espacio. Los componentes de la atmósfera y sus respectivos porcentajes son: (N<sub>2</sub>) 78.08%, (O<sub>2</sub>) 20.94%, (Ar) 0.93%, (H<sub>2</sub>O) 0.001%–5%, (CO<sub>2</sub>) 0.04%, (Ne) 0.00182%, (He) 0.00052%, (CH<sub>4</sub>) 0.00018% y (H<sub>2</sub>) 5.0x10<sup>-6</sup>%. A pesar de ser tan abundante, es un elemento impuro porque en la tierra no encontramos H<sub>2</sub> puro en cantidades importantes sino que esta combinado con otros elementos entre los que se encuentran los hidrocarburos y el agua. El H<sub>2</sub> forma parte fundamental del conjunto de los seres vivos del planeta Tierra. Es decir, en el medio natural el cual está formado por el relieve, el agua, plantas y animales. En la clasificación de la tabla periódica se considera como gas, sin embargo estudios recientes han predicho que el hidrógeno puede existir en forma metálica sobre todo en algunos planetas de nuestro sistema solar como Júpiter y Saturno (Bonev *et. al* 2004).

Tabla 1. Símbolos diferentes para cada uno de los isótopos de hidrógeno.

Símbolo	Nombre	Etimología	No. De neutrones	Año de su Descubrimiento
H	Protio	Primero	0	Big Bang?
D	Deuterio	Segundo	1	1932
T	Tritio	Tercero	2	1934

La palabra hidrógeno proviene de los vocablos griegos hudor (agua) y gennan (generar) que significa generador de agua, de tal manera que el hidrógeno reacciona con una molécula de oxígeno para dar origen al vital líquido que es el agua, esta reacción se ilustra en la siguiente ecuación.



Por lo tanto, al reaccionar dos moléculas de H<sub>2</sub> con una de O<sub>2</sub> se generan dos moléculas de agua. El agua se encuentra distribuida en todo nuestro planeta incluyendo la atmósfera, la cual se encuentra en forma de vapor. Al analizar la superficie del planeta se puede estimar que 71% está cubierta de agua y el 29% es masa continental. De la cantidad total del líquido vital, el 96.5 % es agua salada la cual se encuentra distribuida entre los océanos, mientras que el restante 3.5 % es agua dulce distribuida a nivel superficial formando ríos y arroyos, otra parte se localiza a nivel subterráneo en forma de acuíferos naturales, y la que se encuentra en forma de hielo en los polos y cimas de algunas montañas (OIEA, 2018).

## FUNCIÓN DEL HIDRÓGENO EN EL CUERPO HUMANO

El H<sub>2</sub> es responsable de la acidez en nuestro cuerpo, por el gradiente de potencial en algunas regiones celulares y gracias a ello, ayuda en la producción de ATP, como en el gradiente electroquímico de las mitocondrias, es también responsable de las uniones débiles de las bases nucleotídicas del ADN, así como en

las proteínas y en muchos otros procesos, siendo un elemento muy importante para los organismos vivos. Indispensable en nuestro cuerpo: El H<sub>2</sub> es esencial para que exista el agua y el agua constituye un 55-65% de nuestra masa corporal, además sirve como componentes de biomoléculas como carbohidratos, proteínas, lípidos o almidones (Figura 2). También mantiene la estructura de las moléculas del ácido desoxirribonucleico (ADN). Por lo tanto, el porcentaje de los elementos de agua en nuestro organismo se encuentra distribuido de la siguiente manera, siendo los elementos mayoritarios el H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, además existen otros elementos químicos en el cuerpo humano, dicha distribución es la siguiente: H 60%; O<sub>2</sub> 25.5%; C 10.5%; Ni 2.4%; Ca 0.22%; P 0.13%; S 0.13%; K 0.04%; Cl 0.03% presentándose muchos otros elementos en proporciones más bajas (Bilski E. (S.F. 2007).



Figura 2. Porcentaje de agua en nuestra masa corporal.

## EL HIDRÓGENO PODRÍA SER EL COMBUSTIBLE DEL FUTURO

Debido al grave problema que se está presentando en la actualidad sobre la contaminación atmosférica y como consecuencia el calentamiento global y cambio climático, se ha considerado al hidrógeno como posible combustible del futuro. El hidrógeno se puede usar en las celdas de combustible para generar energía mediante una reacción química en lugar de la combustión, produciendo solo agua y calor como subproductos. Se puede usar en muchas aplicaciones, una de las principales es para impulsar cohetes hacia el espacio (Figura 3).

Mayor importancia del hidrógeno es su uso en el transporte terrestre, así se tiene que en 2018 se puso en marcha el primer tren eléctrico "Coradia iLint" a base de celdas de combustible de hidrógeno en Alemania. Vapor y agua es lo único que deja a su paso el primer tren de hidrógeno en el mundo el cual entró en servicio comercial el 19 de septiembre de 2018. Dos trenes azul brillante Coradia iLint, construidos por el fabricante francés de TGV Alstom, comenzaron a recorrer una ruta de 100 kilómetros

entre los pueblos y ciudades de Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervoerde y Buxtehude, en el norte de Alemania (Figura 4). Otro de los adelantos tecnológicos es el primer taxi aéreo que funciona con celdas de combustible a base de hidrógeno. Alakaí es una firma tecnológica la cual es el primer fabricante en desarrollar un vehículo eléctrico aéreo que funciona con celdas de hidrógeno, un uso inédito de tecnología, que suele ser empleada de forma habitual en diferentes tipos de transporte terrestre. Su modelo de taxi aéreo, denominado Skai, asegura una autonomía de vuelo de hasta cuatro horas con un rango de hasta 643 kilómetros. Con una carga de hasta cinco tripulantes, su recarga solo demandaría menos de 10 minutos. Aunque aún no están disponibles de forma operativa, los taxis aéreos traen consigo una serie de promesas que buscan transformar la movilidad en los centros urbanos y suburbanos. Compañías como Uber ya empezaron a desarrollar diversos modelos para impulsar este transporte, firmas como Airbus, Boeing, Bell y Embraer, buscan resolver el gran desafío de la autonomía de las baterías de estos vehículos eléctricos (Figura 5) (Energy.Gov., 2018).



Figura 3. Hidrógeno utilizado para impulsar naves al espacio.



Figura 4. Primer tren eléctrico a base de hidrógeno.

Otro desarrollo tecnológico a base de este sistema es en el mar. La compañía neerlandesa Sinot Yatch Architecture and Design ha presentado su nuevo concepto de yate de lujo, el Aqua. Se trata de una embarcación de 132 metros de eslora con un diseño espectacular, espacio suficiente para albergar una pista de drones

de pasajeros el cual utiliza hidrógeno líquido. El hidrógeno se almacena en dos tanques de 28 toneladas a 253°C bajo cero y se convierte en energía eléctrica mediante celdas de combustible tipo PEM membrana de intercambio de protones. El yate cuenta con una autonomía de 3,750 millas (casi 7,000 kilómetros), por lo que es capaz de cruzar el Atlántico sin realizar ni una sola parada para abastecerse (Figura 6). Además, resulta muy silencioso y apenas emite vibraciones. Su llegada supone un avance importantísimo en la industria náutica. Asimismo, casi todas las compañías automotrices ya cuentan con vehículos (coches y autobuses) que funcionan con hidrógeno los cuales ya se encuentran en circulación en las principales ciudades de varios países del mundo (Figura 7) (Energy.Gov., 2019).



Figura 5. Proyecto de taxi aéreo con celdas de combustible a base de hidrógeno.



Figura 6. Yate de lujo el cual funciona con celdas de combustible e hidrógeno líquido.

Aun con estos adelantos tecnológicos a base de hidrógeno, mucha investigación científica está enfocada a la producción de hidrógeno a partir del agua mediante diversas técnicas entre las que se encuentran principalmente la electrolisis del agua,

utilizando energías limpias como solar, eólica, nuclear, etc. Así mismo otro de los procesos enfocados a la investigación es la hidrólisis utilizando diversos metales siendo el aluminio y magnesio dos de los principales elementos que más se han investigado en la producción de hidrógeno por esta vía (Babak *et. al.*, 2009., Grosjean *et. al.*, 2006).



Figura 7. Coches y autobuses que funcionan con hidrógeno.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que el hidrógeno es un elemento muy importante en la vida de todo ser vivo que habita en nuestro planeta, fue el primer elemento químico en formarse después del Big Bang y a partir del hidrógeno se formaron todos los elementos naturales que hoy conocemos los cuales están clasificados en la tabla periódica, es el componente principal de algunos compuestos como el agua, los hidrocarburos y todo tipo de moléculas tanto orgánicas como inorgánicas, puede ser el combustible del futuro por los adelantos tecnológicos que existen en la actualidad a base de las celdas de combustible utilizadas en todo tipo de transportes.

## REFERENCIAS

- Ashcroft N.W., The hydrogen liquids, *J. Phys. A* 12, A129-137 (2000).
- Bonev, S.A., Schwegler, E., Ogitsu, T., and Galli, G., A quantum fluid of metallic hydrogen suggested by first principles calculations. *Nature* 431,669(2004).<https://web.archive.org/web/20070929145830/http://www.nature.com/nature/journal/v431/n7009/full/nature02968.html>
- Energy.Gov. (2019). Disponible en: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-and-fuel-cells-fact-month>
- Energy.Gov (2018). Disponible en: <https://www.energy.gov/eere/articles/10-things-you-might-not-know-about-hydrogen-and-fuel-cells>
- Bilski E. (S.F.). Función del Hidrógeno en el Cuerpo Humano. Disponible en: <https://www.funcion.info/hidrogeno-en-el-cuerpo-humano/>
- Bilski E. (S.F.). Características del Hidrógeno. Disponible en: <https://www.caracteristicass.de/hidrogeno>
- OIEA, Water & Environment Newsletter, No. 34, March 2018.
- Iturbe-García J.L. Fundamentos de Radioquímica, Impreso en México, Universidad Autónoma del Estado de México, 2001, ISBN: 968 – 835 – 566 – 6.

- 
- Babak Alinejad, Korosh Mahmoodi. A novel method for generating hydrogen by hydrolysis of Highly activated aluminum nanoparticles in pure water. *International Journal of Hydrogen Energy* 34 (2009) 7934 – 7938.
- Grosjean M.H., Zidoune M., Roué L., Huot J.Y. Hydrogen production via hydrolysis reaction from ball-milled Mg-based materials. *International Journal of Hydrogen Energy* 31 (2006) 109 – 119.