

## Visión general del hidrógeno

*“Reconocemos que el hidrógeno bajo en carbono y renovable [...] debe desarrollarse y utilizarse allí donde tenga impacto como herramienta eficaz de reducción de emisiones para avanzar en la descarbonización de todos los sectores e industrias”*

*Declaración G7 2023<sup>19</sup>*



## ¿Qué es el H<sub>2</sub>?

El hidrógeno (H<sub>2</sub>) es el elemento químico más ligero y la sustancia más abundante del universo (el 75% es H<sub>2</sub>)<sup>20</sup>. Tiene las propiedades de un vector energético, es decir, puede utilizarse para almacenar y transportar energía con el fin de liberarla posteriormente. Además, en el caso del hidrógeno, esta liberación de energía se realiza sin emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera, a diferencia de los combustibles fósiles. Esta propiedad, junto con el hecho de que su uso puede extenderse a multitud de aplicaciones industriales y comerciales, lo convierte en un actor esencial en la transición energética hacia un ecosistema más sostenible.

Las propiedades más destacables que confieren al hidrógeno la posibilidad de ser un factor de transformación del modelo energético actual son las siguientes:

- ▶ **Alto poder calorífico y baja densidad energética por volumen.** El hidrógeno tiene un alto poder calorífico (la energía de 1 kilogramo de gas de hidrógeno es aproximadamente la misma que la de 2,8 kilogramos de gasolina), pero, debido a que se trata de un gas ligero y ocupa mucho volumen en su forma natural, cuenta con una densidad energética por volumen mucho más baja que la de otros combustibles (véase LH<sub>2</sub> y CH<sub>2</sub> en figura 4). Esto hace que, en función de la aplicación, no sea necesariamente la opción más energéticamente eficiente<sup>21</sup>, pues aunque un motor eléctrico alimentado por una pila de hidrógeno es entre dos y tres veces más eficiente que un motor de combustión interna de gasolina<sup>22</sup>, si se consideran las transformaciones previas necesarias para producir el hidrógeno (p.ej., proceso de electrólisis con un rendimiento de en torno al 60%) o se compara con la movilidad eléctrica, que tiene rendimientos de en torno al 90% para coches con baterías, su eficiencia no es un factor decisivo.
- ▶ **Inagotable.** Se encuentra almacenado en el agua, en los hidrocarburos (como el metano -CH<sub>4</sub>-) y en otras materias orgánicas, por lo que a priori el hidrógeno se puede considerar inagotable.

- ▶ **Almacenable.** A diferencia de otras formas de energía, puede ser almacenado y transportado de múltiples formas (transporte por hidrotubo, marítimo, terrestre, etc.).
- ▶ **Flexibilidad de producción.** Puede ser producido a partir de diversas fuentes y en diferentes lugares del mundo, adaptándose a la disponibilidad de energía renovable en cada región.

<sup>19</sup> G7 Ministers meeting on Climate, Energy and Environment in Sapporo, Japan April 15, 2023.

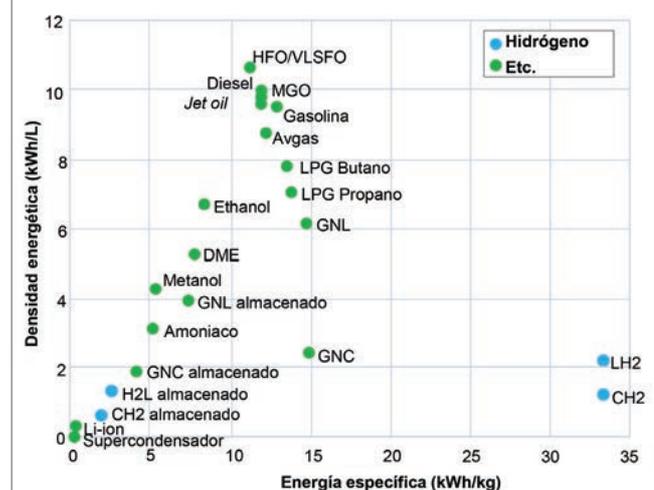
<sup>20</sup> IPNA – CSIC: “El origen de los primeros elementos químicos”.

<sup>21</sup> National Renewable Energy Laboratory. “National Renewable Energy Laboratory” (2020).

<sup>22</sup> US Department of Energy, “Hydrogen Basics” (2022).

<sup>23</sup> IRENA: International Renewable Energy Agency.

Figura 4. Densidad energética y energía específica de diversos combustibles y sistemas de almacenamiento de energía.



Notas: Avgas = gasolina aviación; CH<sub>2</sub> = hidrógeno comprimido a 70 Mpa; CNG = gas natural comprimido a 25 Mpa; DME = éter dimetilico; HFO/VLSFO = fuelóleo pesado/ fuelóleo muy bajo en azufre; LH<sub>2</sub> = liquefied hydrogen; Li-ion = lithium-ion Battery; LNG = liquefied natural gas; LPG = liquefied petroleum gas; GNC almacenado = Depósito de tipo IV a 250 bar; H<sub>2</sub>C almacenado = mejores depósitos de CH<sub>2</sub> a 70 Mpa disponibles; H<sub>2</sub>L almacenado = tanques actuales de LH<sub>2</sub> a bordo a pequeña escala; GNL almacenado = almacenamiento a pequeña escala en condiciones criogénicas; GOM = gasoil marítimo. Las cifras se expresan sobre la base del valor calorífico inferior (VCI). Se incluye el peso del equipo de almacenamiento.

Fuente: IRENA<sup>23</sup>. “Hydrogen Overview” (2022).

- ▶ **Versatilidad de conversión a derivados.** Puede combinarse con otros elementos y constituir múltiples productos derivados (como hidrocarburos, amoníaco, metanol y combustibles sintéticos, etc.), con mayor densidad por unidad de volumen que el gas y, por lo tanto, con mayor eficiencia, por ejemplo, de cara a su transporte.

Adicionalmente a las propiedades anteriores, si el hidrógeno se produce sin emitir gases de efecto invernadero es considerado un combustible limpio. Este ocurre, por ejemplo, en el caso de la producción mediante electrólisis de agua a partir de fuentes renovables, emitiéndose oxígeno como subproducto del proceso y posteriormente vapor de agua durante su combustión. Cabe destacar que también se considera hidrógeno limpio al que se produce a través de otras fuentes de energía no renovables, pero cuando la emisión de CO<sub>2</sub> en el proceso de producción está controlada y no sobrepasa unos límites establecidos, que dependerán del país y su legislación.

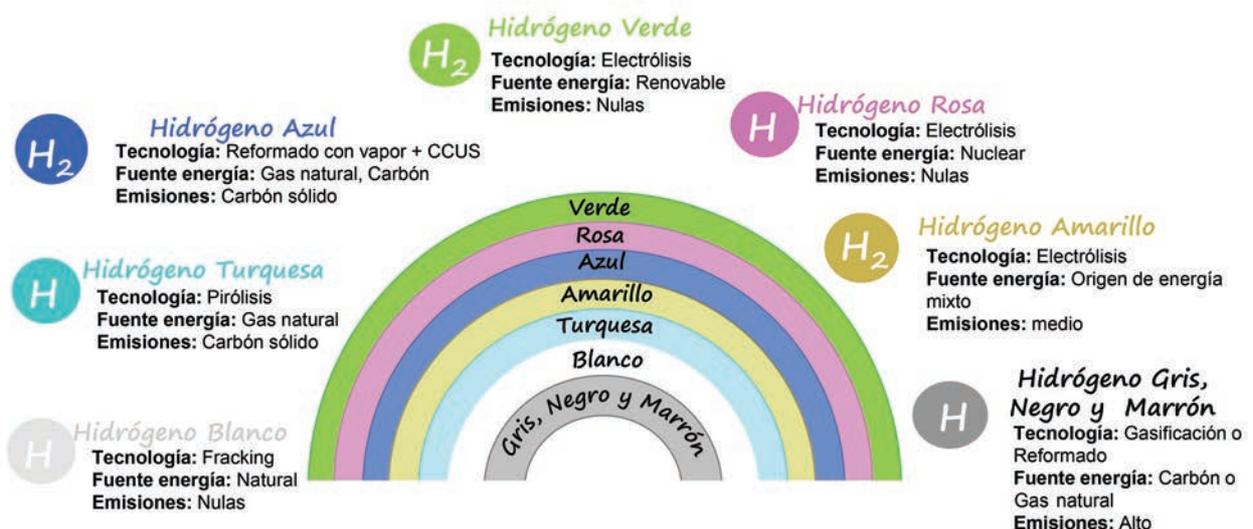
### ¿Qué tipos de H<sub>2</sub> hay?

En el planeta, el hidrógeno se encuentra combinado con otros elementos, tales como el carbono, formando compuestos orgánicos, o el oxígeno, formando moléculas de agua. Para separar el hidrógeno del elemento que lo acompaña, es necesario someter los compuestos a procesos concretos. En función del proceso de obtención y de la energía utilizada en el mismo, el hidrógeno se denomina de diferentes formas (véase figura 5):

- ▶ **Verde.** Es el hidrógeno generado mediante electrólisis de agua, utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables (hidrógeno renovable). También se considera verde el hidrógeno generado a través de reformado de gas natural, pero sustituyendo este por biometano y el hidrógeno generado por métodos basados en fotocatalisis y fotoelectrocatalisis en las que el recurso energético es renovable y no se emite CO<sub>2</sub>.
- ▶ **Rosa.** Es denominado rosa el que se obtiene por electrólisis, pero siendo la fuente de energía utilizada para producir la electricidad la energía nuclear. Se considera limpio por sus bajas emisiones de carbono en su producción.
- ▶ **Azul.** Este hidrógeno también se obtiene a partir de hidrocarburos, pero en este caso las emisiones contaminantes se capturan y almacenan mediante tecnologías de CCUS<sup>24</sup>. Esto permite producir hidrógeno bajo en carbono considerado hidrógeno limpio.
- ▶ **Amarillo.** En este caso, el método de producción del hidrógeno es también la electrólisis, pero la fuente de electricidad utilizada es mixta (no es completamente renovable).
- ▶ **Turquesa.** El hidrógeno se genera a través de la pirólisis de un metal fundido, haciendo pasar gas natural a través de este, y liberando hidrógeno y carbono en estado sólido.

<sup>24</sup>Carbon capture, utilization and storage (CCUS).

Figura 5. Tipos de hidrógeno por su método de producción, fuente de energía y emisiones.



Fuente: Técnicas Reunidas "Presente y futuro del hidrógeno".

- ▶ **Blanco.** Se denomina blanco al hidrógeno que se encuentra en la naturaleza, y por lo tanto es considerado renovable. Por lo general, se encuentra en depósitos subterráneos<sup>25</sup>.
- ▶ **Negro, gris y marrón.** Es el obtenido a partir de hidrocarburos (metano, carbón, etc.), mediante técnicas de reformado por vapor, oxidación parcial y reformado autotérmico; o bien gasificación del combustible fósil, separando así el enlace de carbón e hidrógeno.

Entre todas las formas de producción de hidrógeno, es el verde el que está recibiendo los mayores impulsos regulatorios, pues la ausencia de emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción le sitúa como principal catalizador en el proceso de transición energética hacia una economía neutra en carbono.

<sup>25</sup>Earth-Science Reviews. "The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review" (2020).



## Consideración del hidrógeno como renovable

Con el objetivo de impulsar el papel del hidrógeno, los diferentes organismos reguladores están definiendo las premisas bajo las cuales el hidrógeno se puede considerar como verde o renovable<sup>1</sup>. A modo de ejemplo, la Unión Europea considera renovable al hidrógeno si cumple las siguientes características:

- Los combustibles líquidos y gaseosos de origen no biológico que se producen a partir de electricidad se consideran renovables solamente cuando la electricidad utilizada en su generación proviene de fuentes renovables.
- Esta electricidad renovable puede ser suministrada por dos vías: (i) conexión directa con una planta de producción renovable (eólica, fotovoltaica, etc.), o (ii) electricidad tomada de la red como totalmente renovable.

(i.a) "Las instalaciones generadoras de electricidad renovable han de haber entrado en funcionamiento en un periodo inferior a 36 meses antes de la puesta en marcha de la planta de generación de combustibles líquidos y gaseosos de origen no biológico".

(i.b) "Si la instalación que produce electricidad renovable está conectada a la red, aparte de a la planta de generación de combustibles líquidos y gaseosos de origen no biológico, se ha de demostrar que no se usa electricidad proveniente de la red mediante un sistema de medición inteligente".

(ii.a) "La electricidad será considerada como totalmente renovable si la instalación que produce el combustible líquido y gaseoso de origen no biológico está situada en una zona de subasta donde la producción media de electricidad renovable es superior al 90% en el año natural anterior y la producción de combustible líquido y gaseoso de origen no biológico no supera un número máximo de horas en relación con la producción de electricidad renovable en la zona de subasta".

(ii.b) "En zonas de subasta donde la producción media de electricidad renovable representa el porcentaje dominante, pero inferior al 90%, la electricidad usada será considerada como totalmente renovable siempre que las horas de producción de combustible líquido y gaseoso de origen no biológico no superen la cuota de electricidad renovable generada en la zona de subasta".

(ii.c) "Si lo citado en las condiciones anteriores no se cumple, la electricidad será considerada como totalmente renovable si su origen proviene de una zona de subasta donde la intensidad de emisiones es menor a 18 g CO<sub>2</sub> eq./MJ siempre que la siguiente condición se cumpla:

Existen uno o varios acuerdos de compra de electricidad renovable justificados mediante un PPA (*Power Purchase Agreement*)<sup>2</sup> en una o más instalaciones de generación renovable por una cantidad de electricidad equivalente a la que se declara como totalmente renovable en la producción de combustible líquido y gaseoso de origen no biológico".

Además, la estrategia de hidrógeno de la Comisión Europea define el hidrógeno renovable como el hidrógeno producido mediante la electrólisis del agua impulsada por electricidad de fuentes renovables o también a través de la reformación de biogás o la conversión bioquímica de biomasa. En la legislación de la UE, el hidrógeno renovable y los combustibles derivados del hidrógeno producidos sin el uso de biomasa se denominan combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO).

<sup>1</sup>European Commission. "Delegated regulation on Union methodology for RFNBOs" (2023).

<sup>2</sup>PPA: acuerdo de compraventa de energía limpia a largo plazo desde un activo concreto y a un precio prefijado entre un desarrollador renovable y un consumidor.