

# INTRODUCCIÓN

## El papel del hidrógeno en la transición energética

En pocos años, el hidrógeno, al que frecuentemente se le pone el apellido de verde o renovable, ha pasado a ocupar un espacio cada vez mayor en el debate en torno al cambio de modelo energético y la descarbonización de la economía.

A modo de ejemplo de la velocidad a la que avanza la ambición en materia de hidrógeno, cabe mencionar que la Hoja de Ruta del Hidrógeno europea publicada en julio de 2020 estimaba una demanda de hidrógeno de 5 Mt para el año 2030 y, menos de dos años después, el plan RePowerEU presentado por la Comisión Europea en mayo de 2020 elevaba este objetivo hasta las 20 Mt, la mitad de las cuales serían producidas dentro de la Unión. De igual manera, en España, el objetivo de capacidad de electrólisis ha escalado desde los 4 GW marcados por la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable de octubre de 2020 hasta los 11 GW en el borrador de actualización del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima de junio de 2023.

La producción y el uso de hidrógeno son procesos ampliamente establecidos en diversos sectores industriales donde es empleado como materia prima, tales como el refinado de petróleo, los fertilizantes, la industria química o el acero. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía, el consumo global de hidrógeno alcanzó los 95 Mt en el año 2022. En el caso de España, según datos del Observatorio Europeo del Hidrógeno, el consumo de hidrógeno superó las 610 kt en 2022, lo que traducido a términos energéticos representaría cerca del 6 % de la demanda nacional de gas natural.

Cabe entonces preguntarse el porqué de esta repentina popularidad del hidrógeno como vector energético<sup>1</sup>. Para responder esta pregunta es preciso retrotraerse

---

<sup>1</sup> En realidad, podría decirse que el interés por el hidrógeno como vector de descarbonización viene de años atrás. Por ejemplo, si nos fijamos únicamente en España, la Asociación Española del Hidrógeno se creó en 2002 y el Centro Nacional del Hidrógeno en el año 2007. No obstante, su relevancia en el debate político e industrial creció enormemente a partir del año 2020 aproximadamente.

al Acuerdo de París firmado en el año 2015 por el que los países firmantes se comprometían a trabajar para contener el incremento de la temperatura media global por debajo de los 2 °C y perseguir esfuerzos adicionales para limitarlo a 1,5 °C.

Al analizar qué era necesario para cumplir este objetivo, quedó patente que la descarbonización de la economía debía ser profunda; hasta el punto de que muchos países y regiones han anunciado sus compromisos de alcanzar la neutralidad de emisiones en torno al año 2050. Asimismo, las emisiones netas cero no son factibles exclusivamente mediante la expansión de la capacidad eléctrica renovable y la electrificación directa de la demanda energética. Para cerrar esta brecha de descarbonización, son necesarios combustibles renovables como los biocombustibles, el hidrógeno y sus derivados, como por ejemplo amoníaco, metanol, o combustibles sintéticos. En el argot de la normativa europea, siempre que se cumplan una serie de condiciones, estos últimos se denominan combustibles renovables de origen no biológico.

A su vez, esto implica que el hidrógeno ha de penetrar en sectores donde nunca ha estado presente. Anteriormente ya se ha mencionado que el refino de petróleo constituye el principal demandante de hidrógeno. Éste se obtiene en parte como subproducto de los procesos de la refinería, mientras que la fracción restante se produce mediante el reformado con vapor del gas natural fósil, emitiendo en torno a 9 kg de dióxido de carbono por cada kilogramo de hidrógeno. En algunos países con acceso a carbón a bajo coste, en lugar de emplear gas natural, se produce hidrógeno por medio de la gasificación del carbón, emitiendo cerca de 21 kg de CO<sub>2</sub> por cada kilogramo de hidrógeno. Los otros grandes consumidores de hidrógeno son la producción de amoníaco para fabricación de fertilizantes y, en menor medida, la síntesis de metanol y el acero. En todos estos casos, el hidrógeno se obtiene de los combustibles fósiles, mayoritariamente en la misma planta donde se consume.

En cambio, en la mayoría de los casos los escenarios futuros señalan un consumo de hidrógeno notablemente mayor que el actual. Además de los sectores industriales anteriores que usan el hidrógeno como materia prima, se prevé una utilización de

hidrógeno y sus derivados como combustible en usos industriales que requieren altas temperaturas o para el transporte pesado por carretera, aviación y transporte marítimo. No obstante, las previsiones de demanda futura de hidrógeno pueden variar muy significativamente en función de las hipótesis realizadas en cuanto a medidas de eficiencia energética, captura y secuestro de dióxido de carbono, o uso de biocombustibles.

Además de emplear hidrógeno en nuevos sectores, es preciso abandonar las vías convencionales de producción basadas en combustibles fósiles sin abatimiento de emisiones, y sustituirlas por otras con bajas emisiones de carbono. De no ser así, el aumento en el uso de hidrógeno traería consigo un indeseado incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Pese a que se están explorando múltiples vías para obtener hidrógeno con bajas emisiones, la electrólisis del agua es la que está recibiendo más atención por parte de los reguladores e inversores. Dicho proceso consiste, a grandes rasgos, en descomponer el agua (H<sub>2</sub>O) en hidrógeno (H<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>) mediante la aplicación de una corriente eléctrica. En la medida en que la electricidad aportada sea de origen renovable, el hidrógeno obtenido será considerado como verde o renovable. En adelante, a menos que se indique lo contrario, el texto se referirá siempre al hidrógeno electrolítico.

En conclusión, podemos decir que el hidrógeno ha pasado a ocupar un papel central en el debate energético a raíz de la necesidad de descarbonizar sectores de difícil electrificación. Esto conlleva sustituir el uso de combustibles fósiles por hidrógeno u otros combustibles derivados del hidrógeno en aquellos sectores que ya emplean hidrógeno como materia prima, así como en otros sectores que precisan de combustibles renovables para su descarbonización, tales como demandas térmicas industriales de alta temperatura o transporte pesado. Adicionalmente, para lograr reducir la intensidad de carbono, este hidrógeno ha de producirse por vías con bajas emisiones, siendo la electrólisis del agua alimentada por electricidad de origen renovable aquella sobre la que más atención recae.

No obstante, es importante gestionar las expectativas depositadas en este vector energético y comprender que el desarrollo del sector del hidrógeno es un proceso a largo plazo sujeto a importantes incertidumbres que requiere de tiempo suficiente

para lograr la madurez tecnológica, acumular experiencia, o adecuar y desarrollar la regulación necesaria.

En este número pretendemos, con la ayuda de la Cátedra de Estudios sobre el Hidrógeno de la Universidad Pontificia Comillas, ofrecer una visión introductoria, pero lo más completa posible sobre la situación del hidrógeno tanto a nivel global como en España.

En primer lugar, **Alejandro Núñez-Jiménez** y **Nicola De Blasio**, investigadores de ETH Zurich y Harvard University, analizan la dimensión internacional del hidrógeno renovable, una dimensión asociada a la capacidad de transportar el hidrógeno (o sus derivados) que no tienen otras tecnologías renovables. Los autores indican que distintos países probablemente asumirán diferentes roles en función no sólo de sus recursos de energía renovable y agua, sino también de su potencial de infraestructura y estrategias políticas. Y que la estrategia que decida perseguir cada país o región, y la capacidad de coordinación entre ellos, determinarán el desarrollo del hidrógeno renovable y la emergencia de mercados competitivos y seguros, algo que también tendrá importantes implicaciones económicas y geopolíticas.

Por ejemplo, a nivel europeo, Núñez-Jiménez y De Blasio en sus análisis encuentran que los países extraeuropeos (por ejemplo Marruecos) tienen más capacidad para producir hidrógeno a gran escala y a costes competitivos que los países de la UE. También nos recuerdan que la dificultad de producir hidrógeno competitivo puede afectar a la continuidad de algunas regiones industriales, como la industria química europea. Y, por último, que la incertidumbre alrededor de todos los desarrollos de producción y de demanda compromete la construcción de las necesarias infraestructuras de transporte, otro desafío crucial que requiere inversiones significativas y coordinación internacional para conectar regiones productoras y consumidoras.

A continuación, **Santiago Serna** y **Rafael Cossent**, de la Cátedra de Estudios sobre el Hidrógeno de la Universidad Pontificia Comillas nos ofrecen una panorámica completa de la situación de los proyectos de hidrógeno en España. Los

autores subrayan el evidente interés por esta molécula, con el PNIEC elevando el objetivo de electrólisis a 11 GW para 2030 respecto a los 4 GW marcados por la Hoja de Ruta, y con un gran número de proyectos anunciados. A fecha de publicación de este artículo, la Cátedra de Estudios Sobre el Hidrógeno contabiliza 166 proyectos con una capacidad total de 22 GW, aunque sólo 30 MW están operativos y la gran mayoría de proyectos están en etapas muy tempranas de desarrollo.

Para fomentar la decisión final de inversión y que estos proyectos anunciados se conviertan en una realidad, existen numerosos programas de ayuda tanto a nivel nacional como europeo. Entre los programas a nivel europeo destaca el Banco Europeo del Hidrógeno, el Fondo de Innovación o los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (IPCEI). A nivel nacional destaca el PERTE ERHA, que destina 3.200 millones de euros a la financiación del hidrógeno mediante distintas líneas de actuación y que hasta la fecha han ejecutado 624 millones de euros. Entre los proyectos subvencionados, 39 se dirigen a la producción de hidrógeno sumando 772 MW de electrólisis.

No obstante, hay numerosos retos que aún se deben solventar. El primero de ellos es la reducción de los costes de producción, que siguen siendo altos en comparación con otros combustibles. El acceso al agua, aunque la demanda agregada no sea desproporcionada en volumen, puede presentar desafíos de accesibilidad y estacionalidad a nivel local. Por último, es fundamental fomentar la creación de demanda, ya que muchos sectores necesitan adaptar sus equipos, vehículos y/o procesos, lo que implica grandes inversiones. Esto podría retrasar la adopción del hidrógeno renovable, incluso si se vuelve competitivo en precio, debido a la falta de consumidores preparados para usarlo.

Tras esta panorámica general, distintas empresas colaboradoras de la Cátedra de Estudios sobre el Hidrógeno presentan sus proyectos y visiones sobre el desarrollo del hidrógeno en España.

Así, **Héctor Carbonell**, del grupo Air Products describe las instalaciones que este grupo ha puesto en marcha a nivel mundial. En particular, el autor ofrece

detalles de las instalaciones de repostaje de hidrógeno para vehículos con pila de combustible, de sus centros de certificación, o de los proyectos que ha emprendido para introducir el hidrógeno en la industria cerámica o en los generadores móviles de electricidad.

Por su parte, **Carlos Mínguez**, de Andersen, analiza en más detalle uno de los retos identificados por Serna y Cossent: la disponibilidad de agua, y en particular, el aprovechamiento de agua regenerada para la producción de hidrógeno. Mínguez advierte de que los planes de cuenca no suelen contemplar demandas asociadas a la producción de hidrógeno, mientras que las dotaciones de agua necesarias requerirán nuevas concesiones o modificaciones de las existentes. Esto puede limitar los proyectos de hidrógeno, algo que el acceso al agua regenerada puede aliviar. El autor indica las cuestiones jurídicas que será necesario abordar próximamente para un aprovechamiento eficiente de esta agua. Entre ellas, pero no solo, el régimen económico-financiero de las aguas regeneradas, el tratamiento de la recirculación de las aguas regeneradas en complejos industriales con varios usuarios-operadores, así como, el régimen de aprovechamiento del agua regenerada con disociación entre productor-usuario.

Finalmente, **Mayte Nonay**, de Enagás, presenta el estado de situación actual en el que se encuentra el desarrollo de las infraestructuras de transporte de hidrógeno en España, así como los avances y retos a corto y medio plazo. La autora resalta los proyectos que está abordando Enagás como operador y gestor técnico del sistema gasista español y gestor provisional de la red troncal de hidrógeno española.