



Hidrógeno: ¿la nueva panacea?

Mitos y realidades de las expectativas
del hidrógeno en España

Título

Hidrógeno: ¿la nueva panacea?
Mitos y realidades de las expectativas del hidrógeno en el Estado español

Autores

Javier Andaluz Prieto, Sagrario Monedero López y Josep Nualart Corpas

Edición

2021

Revisión de contenido

Íñigo Antepara López de Maturana, Emma Avilés Thurlow, Nuria Blázquez Sánchez, Carmen Duce Díaz, Francisco Ramos Muñiz y Nicola Scherer

Edita

Ecologistas en Acción y el Observatori del Deute en la Globalització



Portada, diseño y maquetación

Andrés Espinosa

Contacto

Observatori del Deute en la Globalització
C/Girona, 25, principal 1a. 08010 Barcelona. observatori@odg.cat • Tel: 93 301 17 93 • www.odg.cat
Ecologistas en Acción
C/Peñuelas 12, Bajo 28005 Madrid • Tel: 915312739 • www.ecologistasenaccion.org

Con el apoyo de:



Agència Catalana
de Cooperació
al Desenvolupament



Generalitat
de Catalunya



Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de este libro siempre que se cite la fuente.

El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva del Observatori del Deute en la Globalització y Ecologistas en Acción y no refleja necesariamente la opinión de sus financiadoras.



creative
commons

Este libro está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

Índice

Resumen ejecutivo	4
Introducción	7
¿Qué es el hidrógeno?	8
Características Físicoquímicas	10
Cadena de valor/suministro del hidrógeno	12
¿Qué rol debe jugar el hidrógeno en el nuevo modelo energético?..	15
El hidrógeno verde podría... ..	16
El impacto del hidrógeno verde	18
¿Quiénes están detrás de su promoción?	20
La nueva geopolítica energética	20
La bombona de oxígeno para las grandes empresas energéticas y fósiles	22
¿Para cuándo un mercado regional/global del hidrógeno?	25
Actores, roles e instrumentos	25
Acuerdos de importación-exportación	28
Un nuevo modelo energético para el hidrógeno	30
La Península Ibérica como hub del hidrógeno	32
Instrumentos regulatorios, sectoriales y transversales	34
Ejemplos concretos de proyectos	36
El Hydrogen Valley of Catalonia	36
Endesa y sus 23 proyectos de Hidrógeno	36
Corredor Vasco del Hidrógeno	37
El Musel-Gijón	38
Conclusiones	39

Resumen ejecutivo

En los últimos meses, estamos presenciando un goteo incesante de promesas y anuncios relacionados con el hidrógeno verde que lo ha situado en el debate político y mediático como una especie de panacea ante los problemas y desafíos que plantea la descarbonización de nuestro modelo productivo y energético.

Desde Ecologistas en Acción (EeA) y el Observatori del Deute en la Globalització (ODG) queremos sumarnos a las voces críticas que desde muchos frentes el mundo académico, científico, social y ambiental están alertando de los riesgos e incertidumbres que plantean las propuestas lanzadas por administraciones y empresas.

Lo primero que es importante remarcar es que el hidrógeno no es una fuente de energía primaria, sino un vector energético que cuenta con la particularidad de ser capaz de almacenar energía para ser utilizada posteriormente pero que necesita de un aporte inicial de energía primaria para su obtención en estado puro ya que normalmente se encuentra combinado con otros elementos químicos como el oxígeno, el carbono o el nitrógeno. La fuente de energía utilizada será la que marque el tipo de hidrógeno que obtenemos, siendo hoy en día menos del 1% de la producción mundial de H₂ de origen renovable o verde.

Sus propiedades fisicoquímicas van a ser determinantes para establecer valoraciones sobre el papel que puede jugar ya que dificultan su transporte y almacenamiento. A día de hoy la eficiencia en el proceso de obtención del hidrógeno varía entre el 20% y el 40% según sector y tecnología de aplicación, lo cual supone unas pérdidas muy importantes.

En el caso del Estado español, el consumo de hidrógeno se sitúa en torno a las 500.000 t/año. Se trata mayoritariamente de hidrógeno gris, utilizado como materia prima principalmente en refinerías (en torno al 70%) y en fabricantes de productos químicos (25%), correspondiendo el consumo residual restante a sectores como el metalúrgico.

El elevado coste de la producción de este gas, así como otros problemas técnicos como la necesidad de comprimirlo a altas presiones en alguna de sus aplicaciones, han estado detrás de su falta de desarrollo. Las bondades y posibilidades del hidrógeno han sido sobreestimadas en numerosas ocasiones y, a día de hoy, siguen sin cumplirse las cacareadas promesas y las aplicaciones rentables continúan retrasándose.

Abordar el papel del hidrógeno verde en la transición energética no puede desligarse del adecuado diseño de un mix energético en consonancia con los límites planetarios. Este modelo deberá considerar como pilares básicos la eficiencia energética, el ahorro y la bajada de consumo, reduciendo las necesidades energéticas y adaptándolas a la futura disponibilidad que será notablemente más baja que la actual, con una potencia disponible cuantitativa y cualitativamente menor. Nuestro modelo deberá estar basado en energías limpias reduciendo al máximo su impacto en la extracción de recursos materiales, en la ocupación del territorio, el impacto sobre los ecosistemas y en la generación de residuos.

El hidrógeno verde podría, siempre y cuando se apliquen criterios estrictos de protección ambiental y dentro del marco de un sistema energético dentro de los límites del planeta:

- Sustituir el consumo material de H₂: en la actualidad el hidrógeno es usado como material en distintas industrias (refinerías, metalurgia, etc.) y su obtención es mayoritariamente a través de los combustibles fósiles. Sin embargo, no podemos desligar el abastecimiento prioritario de este hidrógeno como recurso material, de la previsible demanda de estos bienes en un futuro. Así debemos discernir entre aquellas aplicaciones que es necesario mantener y aquellas que se deben reducir o eliminar debido a su elevado coste climático, ecológico o social.
- Solventar problemas con tecnologías no electrificables: la baja eficiencia lo hace desaconsejable para aquellas aplicaciones que usan la electricidad o son más fácilmente electrificables. Pero por el lado contrario tenemos algunas aplicaciones que requieren la utilización de tecnologías con una alta densidad energética, donde la electricidad no llega.
- Apoyar los momentos de baja producción eléctrica y dar respuesta en el corto plazo.
- Sustituir la demanda de algunos minerales. A diferencia de los sistemas de baterías actuales, las tecnologías usadas para la fabricación y almacenamiento del hidrógeno son dependientes de distintos minerales que las actuales tecnologías de baterías y su durabilidad es mucho mayor.
- Dar respuesta a sectores industriales muy vulnerables a la descarbonización. Existen procesos industriales que requieren alcanzar elevadas temperaturas para operar.

No debemos olvidar, sin embargo, los impactos que tiene el hidrógeno verde y que, principalmente son:

- Impactos derivados de la instalación de renovables y para la obtención del hidrógeno. Para la producción de hidrógeno verde es necesario obtener energía a través de fuentes de energías renovables, aunque no están exentas de impactos:
 - Los impactos de la minería de los materiales que requiere.
 - La transformación y ocupación de los lugares donde se instalan las centrales eléctricas.
 - La competencia por el territorio entre los lugares preservados para el desarrollo de especies no humanas o para la agroecología.
- Las pérdidas energéticas. Su fabricación y almacenamiento tiene importantes pérdidas, que podrían reducir la eficiencia del proceso al 20% en muchas de sus aplicaciones.
- Infraestructuras adicionales y presiones sobre otros recursos. La construcción de nuevas infraestructuras ha permitido la reactivación del sector con proyectos que originalmente estaban vinculados al gas y a los que se pretende revivir con el hidrógeno.
- Ruptura de una adecuada orientación de la transición ecológica. Abordar adecuadamente la transición ecológica requiere superar los discursos centrados en exclusiva en la sustitución de unas tecnologías por otras.

El gran olvido en la transición energética es la necesidad de ordenar los usos y las tecnologías mediante una adecuada planificación. Ésta es una de las cuestiones fundamentales para alcanzar una correcta descarbonización. Debemos empezar a aplicar un principio de jerarquía de usos de forma que quede claro hacia dónde dirigir cada uno de estos sectores. Tenemos que hacer los cálculos para ver qué cantidad de energía tenemos disponible y sobre qué tecnologías, adecuando esta cantidad y distribuyéndola desde los usos prioritarios, como por ejemplo la alimentación, la

fabricación de determinados bienes, o los debidos esfuerzos en la adaptación al cambio climático. Así deberíamos establecer un sistema de jerarquía de usos que priorice en orden de importancia los:

1. Usos materiales
2. Usos térmicos de altas temperaturas
3. Usos para sectores en los que no existe mejor alternativa
4. Respaldo de generación convencional
5. Otros

Las grandes empresas energéticas y lobbies fósiles están generando una narrativa para que el hidrógeno tenga un papel central en la descarbonización y que sea el hidrógeno azul el que se desarrolle a gran escala por las limitaciones que presenta el hidrógeno verde. Esta narrativa debe permitirles tener un rol central en la transición energética y que puedan beneficiarse de los fondos de Recuperación, Transformación y Resiliencia europeos, Next Generation EU. Iberdrola, Endesa y Naturgy han solicitado casi el total de subvenciones otorgadas al Estado español para llevar a cabo su transición energética, proponiendo una parte significativa de las infraestructuras necesarias para cumplir con los objetivos marcados por la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable para 2030.

Si hablamos de geopolítica energética, el hidrógeno es el elemento que marcará las relaciones internacionales en los próximos años debido a su capacidad de descarbonizar la economía si seguimos con el mismo sistema capitalista. Diferentes países ya han elaborado sus estrategias y hojas de ruta del hidrógeno y han identificado las regiones clave para la importación de este vector energético. Estos países han empezado a elaborar contratos bilaterales con futuros países exportadores para poder asegurarse su suministro y diversificar los actores con los que se han relacionado hasta ahora, mientras que los países exportadores buscan apoyo para desarrollar su infraestructura y mantener su rol en el futuro mercado energético.

Otro factor a tener en cuenta en el desarrollo del hidrógeno es la creación de un mercado global. Las instituciones públicas están incorporando la financiación de este vector energético en partidas de los planes de recuperación y resiliencia y aprobando programas marco para la transición verde, mientras que el mundo financiero empieza a hacer las primeras estimaciones del valor del mercado para las próximas décadas. Además, existen instrumentos financieros como los Bonos Verdes que permitirían la financiación de proyectos de hidrógeno verde y azul, llamando la atención de aquellos actores que hasta ahora daban apoyo al sector de los combustibles fósiles.

El Gobierno ha elaborado la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable como guía para el desarrollo de este vector energético a nivel estatal. Aunque se hace hincapié en garantizar la capacidad de generación de hidrógeno verde, la estrategia que hay detrás es que el estado español se convierta en la región de abastecimiento para el resto de Europa o como lugar de paso del hidrógeno que se importe de otras regiones del planeta. Esta estrategia está alineada con la propuesta de Enagás y otros operadores del sistema gasista europeos de reconvertir infraestructuras gasísticas y construir nuevas para crear una red de transporte de hidrógeno troncal a nivel europeo, y también el desarrollo de cadenas de suministro entre diferentes países.

En definitiva, el hidrógeno debe plantearse en un escenario de transición hacia un modelo basado en la soberanía energética, en el que los individuos conscientes, las comunidades y los pueblos tomen sus propias decisiones respecto a la generación, distribución y consumo de energía, de modo que estas sean apropiadas a sus circunstancias ecológicas, sociales, económicas y culturales, sin afectar negativamente a terceros.

Introducción

En los últimos meses, estamos presenciando un goteo incesante de promesas y anuncios relacionados con el hidrógeno verde que lo ha situado en el debate político y mediático como una especie de panacea ante los problemas y desafíos que plantea la descarbonización de nuestro modelo productivo y energético.

Desde Ecologistas en Acción (EeA) y el Observatori del deute en la globalització (ODG) queremos sumarnos a las voces críticas que desde muchos frentes el mundo académico, científico, social y ambiental están alertando de los riesgos e incertidumbres que plantean las propuestas lanzadas por administraciones y empresas.

El presente estudio intenta abordar, de una manera divulgativa, la realidad del hidrógeno y las dudas que a día de hoy presenta su viabilidad ambiental, económica y social y alertar del enorme riesgo que corremos al generar una burbuja del hidrógeno.

Para ello, vamos a descender al plano técnico analizando las características fisicoquímicas del mismo y su cadena de valor, deteniéndonos en las principales virtudes y desafíos que éstas ofrecen y valorando, en función de éstas, los usos para los que es y no es adecuado. Por otro lado, analizaremos qué hay detrás de la promoción del hidrógeno a tamaño escala, los flujos e intereses financieros vinculados al mismo y la nueva geopolítica energética que se está abriendo en torno al hidrógeno.

Por último, señalamos algunos de los principales proyectos que las empresas energéticas del Estado español, con el apoyo de las administraciones, han lanzado en los últimos meses.

¿Qué es el hidrógeno?

El hidrógeno es la molécula más ligera y pequeña de toda la tabla periódica y el elemento más abundante en el universo. Normalmente se encuentra combinado con otros elementos químicos como con el oxígeno, en el caso del agua (H_2O), el carbono, en el de los hidrocarburos (CH_x) y el nitrógeno, en el amoníaco (NH_3). Esto hace que sea un portador de energía, esto es, un vector energético que serviría para el almacenamiento y transporte de energía pero que necesita un aporte inicial de energía primaria para separar sus moléculas y obtenerlo en estado puro (H_2). Por tanto, es importante remarcar que **el hidrógeno no es una fuente de energía primaria, sino un vector energético** que cuenta con la particularidad de ser capaz de almacenar energía para ser utilizada posteriormente.

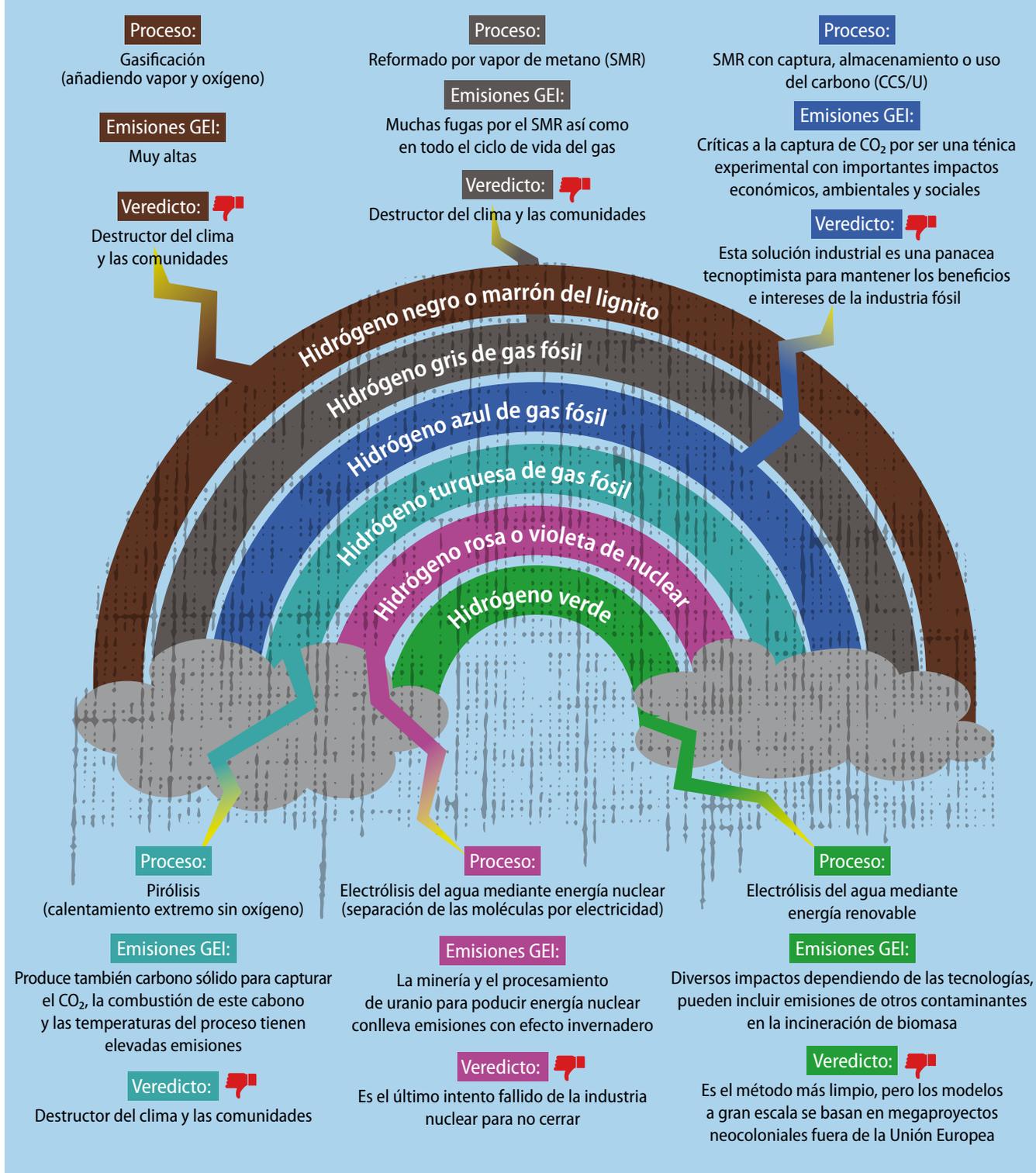
Exceptuando las estelas que dejarían aviones propulsados a H_2 ¹, el hidrógeno no emite gases de efecto invernadero directamente durante su combustión o utilización, pero sí puede emitirlos indirectamente en el proceso empleado para su producción y su utilización. Por tanto, es relevante remarcar la idea de que el hidrógeno es tan limpio como lo es la fuente de energía que se use para su obtención y durante todo su proceso.

A día de hoy, menos del 1%² de la producción mundial de H_2 es de origen renovable. De acuerdo con los datos del informe de IRENA, el 99% de las 130 millones de toneladas de hidrógeno que se producen anualmente para procesos industriales se consigue utilizando procesos de gasificación de carbón, lignito o gas natural.

- 1 El vapor de agua tiene unos efectos a largo plazo que parecen estar más condicionados por las características físico-químicas de la atmósfera y por el ciclo del agua, por lo que suele excluirse a la hora de monitorizar la evolución climática. Además, se cree que la emisión de este vapor de agua en las capas altas de la atmósfera podría tener importantes efectos locales sobre el clima. Más información: https://elpais.com/elpais/2019/06/27/ciencia/1561614117_113095.html
- 2 IRENA "Hydrogen: A renewable energy perspective" September 2019 <https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Hydrogen-A-renewable-energy-perspective>

Figura 1. El arcoiris del hidrógeno

La industria del gas vende el hidrógeno como limpio y verde. Pero detrás de toda la publicidad vemos que no todo el hidrógeno es lo mismo, algunos tipos son más contaminantes que otros. En torno al 80% del hidrógeno mundial está hecho con combustibles fósiles como el gas metano cuyo impacto climático es mucho mayor que el CO₂ durante la primera década. Tanto en la extracción como en el transporte de metano se producen pérdidas a la atmósfera, lo que es tan malo para el clima como el carbón, la extracción de este gas es además una amenaza a las comunidades locales y los ecosistemas como está sucediendo en el Delta del Níger.



Fuente: Corporate Europe; Food and Water Action Europe and Re:Common

Características Fisicoquímicas

El H₂ tiene un elevado valor de energía por unidad de masa, esto es, alta densidad energética. Sin embargo, es un gas muy poco denso. Por tanto, podemos decir que tiene una alta densidad energética en masa y una baja densidad energética en volumen. Asimismo, su compresión, licuación o transformación en otros combustibles requiere energía adicional que también debemos tener en cuenta. En el siguiente gráfico se pueden observar una comparativa de las propiedades físicas entre el hidrógeno y el gas natural³:

Tabla 1. Propiedades físicas del hidrógeno y del gas natural

Propiedad	Hidrógeno	Respecto al gas natural
Densidad (gas)	0.089 kg/m ₃ (0 °C, 1bar)	1/10
Densidad (líquido)	70,79 kg/m ₃ (-253 °C, 1bar)	1/6
Punto ebullición	-253°C (1 bar)	-90 °C
Densidad energética (masa)	120 MJ/kg	x2
Densidad energética (volumen)	10,8 MJ/Nm ₃	1/3
Índice de Wobbe	11,29 kWh/Nm ₃	5/6

Comparativa entre las propiedades físicas del hidrógeno y del gas natural. Extraído de “Hidrógeno: Vector Energético de una economía descarbonizada” VVAA. Fundación Naturgy.

Las propiedades fisicoquímicas del mismo tienen un peso importante en su eficiencia y van a ser determinantes para establecer valoraciones sobre el papel que puede jugar:

- El hecho de ser una molécula muy pequeña aumenta el riesgo de fugas.
- Es muy inflamable, aunque éste es un riesgo que se ve mitigado por su alta difusividad.
- Necesita una presión muy alta.
- Provoca un debilitamiento de los materiales usados en su almacenaje y transporte (corrosión de las tuberías, por ejemplo)
- Su llama es incolora e inodora, lo que dificulta la detección en incendios y fugas.

Algunos de los principales problemas derivados de sus características son:

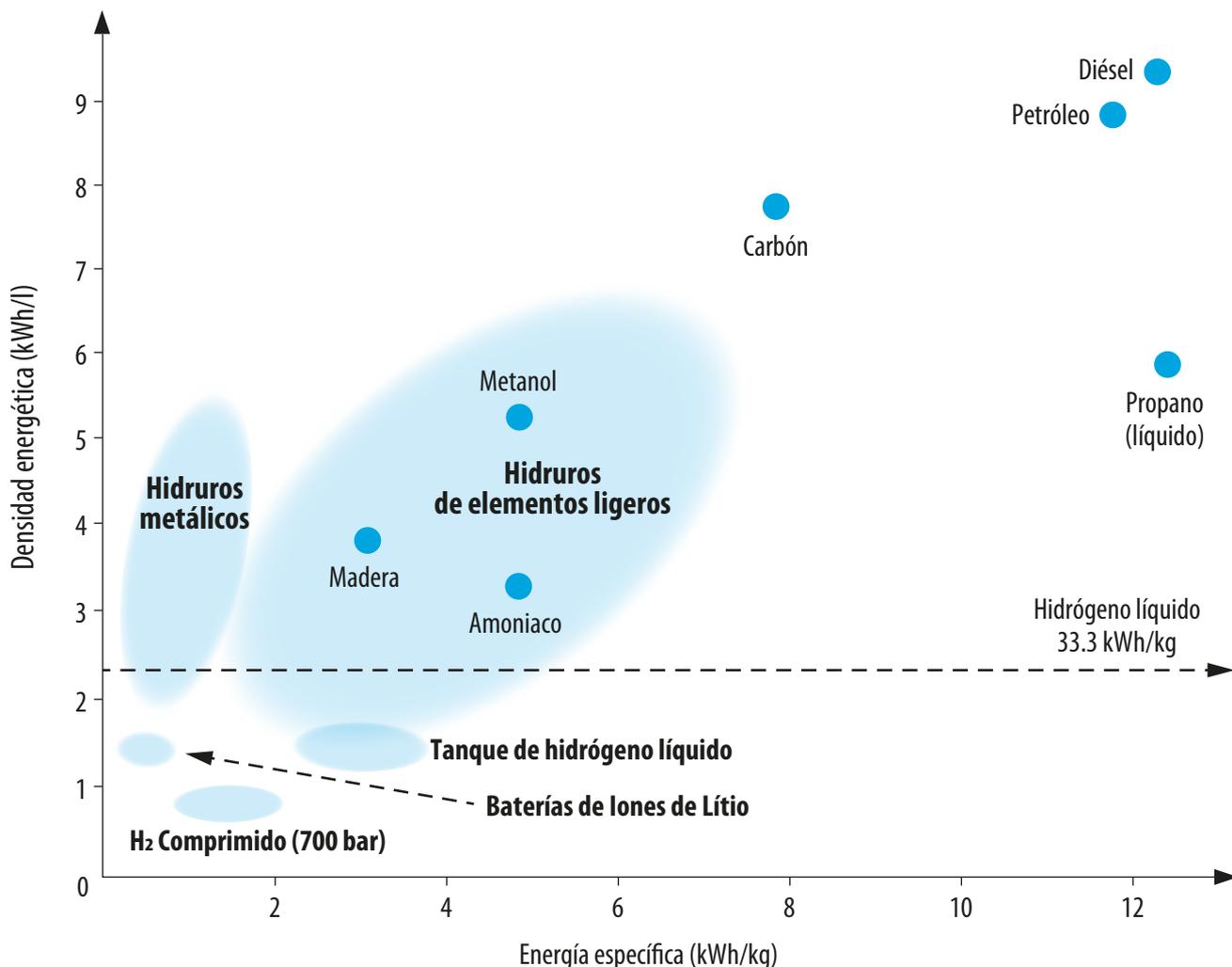
- Hay baja eficiencia en el proceso de obtención del hidrógeno, que varía entre el 20% y el 40% en función de los sectores y de las tecnologías de aplicación, según numerosos informes. Al no ser una fuente de energía primaria puede implicar pérdidas de hasta el 70% en todo el proceso de obtención, almacenamiento y transporte en el caso de los vehículos⁴.

³ Extraído de “Hidrógeno: Vector Energético de una economía descarbonizada” VVAA. Fundación Naturgy

⁴ Según Antonio Turiel “Contando todas las pérdidas, la eficiencia energética desde la boca de producción hasta el movimiento motor del vehículo (well to wheel) suele rondar el 25%, frente al 75% o incluso más de los vehículos eléctricos. Encima, las pilas de combustible que se tienen que usar y que encarecen estos vehículos llevan materiales escasos como el platino.” Es interesante también el análisis de eficiencia realizado por Pedro Prieto para el portal 15-15-15 <https://www.15-15-15.org/webzine/2020/12/07/un-breve-analisis-de-la-eficiencia-de-ciclo-completo-de-la-economia-del-hidrogeno-verde/>

- Su transporte es complejo. Como ya hemos comentado, el hidrógeno se licúa a altas presiones y muy bajas temperaturas, es muy volátil y se fuga y difunde con facilidad por las fisuras más pequeñas.
- En su almacenamiento se necesita alta presión para conseguir densidades energéticas en volumen decentes. Esto implica usar depósitos con paredes muy gruesas y resistentes (y por tanto, muy pesadas) y con riesgo de explosión.

Figura 2. Comparativa con otros sistemas de almacenaje



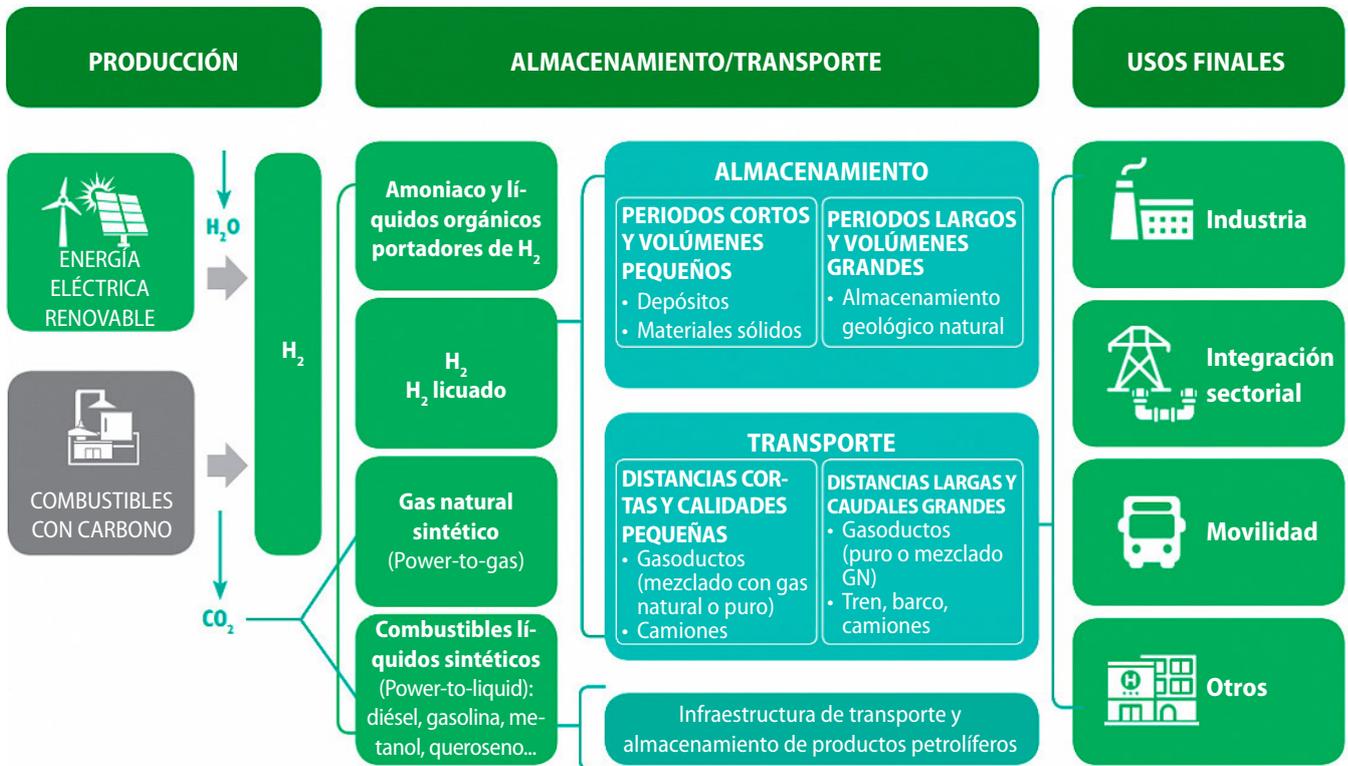
Sartbaeva, A., Kuznetsov, V. L., Edwards, P. P., & Wells, S. A. (2008). Hydrogen nexus in a sustainable energy future. *Energy & Environmental Science*, 1(1), 79-85. <https://doi.org/10.1039/b810104n>

Por todo lo dicho anteriormente, a día de hoy su rentabilidad es baja y resulta ser una solución energética muy cara. Según algunas proyecciones, el hidrógeno verde va a ganar en competitividad con respecto al gris rápidamente en los próximos años. Sin embargo, a día de hoy el H₂ verde resulta mucho más caro que otras tecnologías que están mucho más maduras.

Cadena de valor / suministro del hidrógeno

Las etapas en la cadena de valor del H₂ se muestran en el siguiente gráfico⁵:

Figura 3. Etapas de la cadena de valor del hidrógeno



Fuente: MITECO

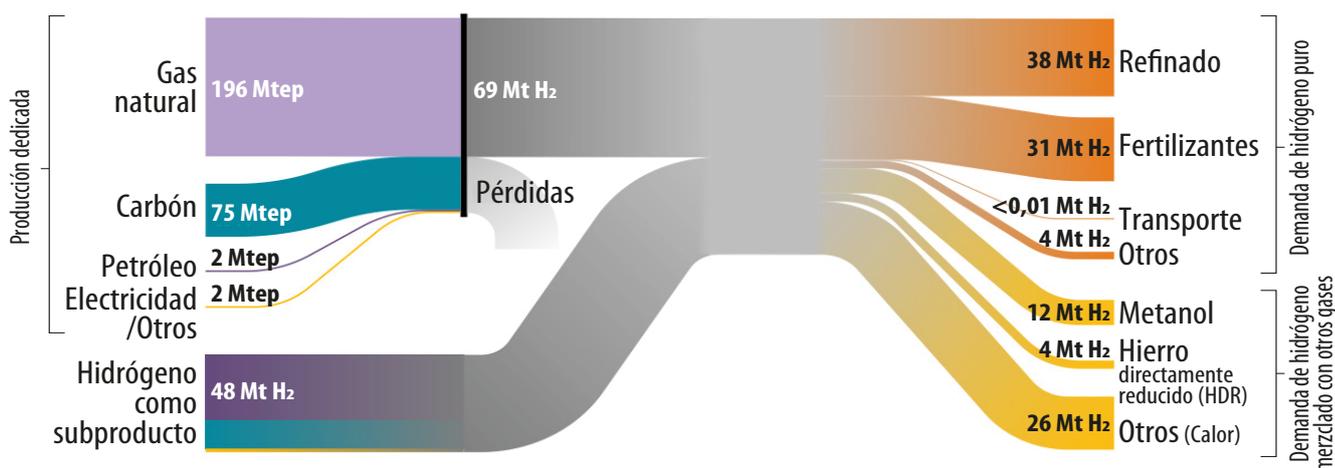
A día de hoy, y según datos ofrecidos por el Parlamento Europeo⁶, el 43 % de la producción de hidrógeno del mundo se utiliza para producir amoníaco, el cual se usa principalmente para elaborar fertilizantes agrícolas a base de amoníaco; el 52 % se usa para refinar y depurar hidrocarburos y el 5 % restante se usa para la síntesis del metanol y otros usos.

5 Extraído de la Hoja de ruta para el hidrógeno renovable <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/hoja-de-ruta-del-hidrogeno-renovable.aspx>

6 Resolución del Parlamento Europeo, de 19 de mayo de 2021, sobre una estrategia europea para el hidrógeno (2020/2242(INI))

En el caso del Estado Español, el consumo de hidrógeno se sitúa en torno a las 500.000 t/año. Se trata mayoritariamente de hidrógeno gris, utilizado como materia prima principalmente en refinerías (en torno al 70%) y en fabricantes de productos químicos (25%), correspondiendo el consumo residual restante a sectores como el metalúrgico. En muchos casos, la producción se realiza directamente en la propia planta de consumo a través de instalaciones de reformado de gas natural con vapor⁷. Por tanto, la inmensa mayoría del hidrógeno se utiliza hoy en día como materia prima para usos industriales:

Figura 4. Cadena de valor del Hidrógeno actual



Fuente Agencia Internacional de la Energía.

1 Producción

Existen varias tecnologías para la obtención del hidrógeno. Comentamos las más relevantes:

- **Hidrógeno a partir de electricidad renovable:** en este caso, el principal método es el de la electrólisis, esto es, la separación de la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno en estado gaseoso por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación conectada a dos electrodos, en cuya superficie se produce la ruptura de la molécula del agua. Los electrolizadores pueden ser de varios tipos (los alcalinos son los más comunes en la actualidad)⁸. Asimismo, existen otros métodos para la generación de hidrógeno verde a partir de la molécula del agua como son la termólisis o los fotoelectroquímicos. Sin embargo, son métodos en un estado de madurez muy bajo en estos momentos.
- **Hidrógeno a partir de gas natural:** El proceso de extracción del hidrógeno del gas natural se conoce cómo reformado. En este proceso se producen óxidos de carbono como subproducto en forma gaseosa, generando del orden de 11 toneladas de CO₂ por cada tonelada de hidrógeno. Hay otra tecnología, la pirólisis de metano, que da lugar como subproducto a carbón en forma sólida, y en la que se producen como residuo 3 toneladas de carbono por tonelada de hidrógeno⁹.

⁷ Datos extraídos de la Hoja de Ruta española para el hidrógeno renovable <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/hoja-de-ruta-del-hidrogeno-renovable.aspx>

⁸ Para saber más sobre tipos de electrolizadores, ver la Hoja de Ruta española para el hidrógeno renovable.

⁹ Extraído del libro de Fundación Naturgy <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/hidrogeno-vector-energetico-de-una-economia-descarbonizada/>

- 2 Almacenamiento y Transporte

El H₂ puede almacenarse y transportarse a través de distintas vías; por ejemplo, en estado gaseoso (a través de infraestructuras dedicadas), como gas comprimido (en camiones cisterna o trenes) o bien en estado líquido (por carretera o en barcos similares a los metaneros que transportan GNL)¹⁰. Alternativamente, el H₂ puede inyectarse en las redes de gas natural (para luego consumir la mezcla o separar en destino el H₂) o transportarse a través de carriers (portadores) como el amoníaco (que presenta la ventaja de no contener carbono, frente a otros líquidos orgánicos, y de tener una infraestructura propia desarrollada).

10 "Perspectivas de desarrollo de un mercado global de hidrógeno. Implicaciones para la CAPV" Orkestra, 2021. <https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/2169-210006-perspectivas-desarrollo-mercado-global-hidrogeno-implicaciones-capv>

¿Qué rol debe jugar el hidrógeno en el nuevo modelo energético?

El hidrógeno es una forma de almacenamiento de energía de difícil categorización. No hablamos de una tecnología nueva sino que lleva años siendo objeto de investigación. Aunque su primer desarrollo fue en la década de 1920, sería en la década de 1990 a raíz de la publicación del libro de J. Rifkin "La economía del hidrógeno" cuando surgió una primera ola de hidrógeno. El elevado coste de la producción de este gas, así como otros problemas técnicos como la necesidad de comprimirlo a altas presiones en alguna de sus aplicaciones, han estado detrás de su falta de desarrollo. Las bondades y posibilidades del hidrógeno han sido sobreestimadas en numerosas ocasiones y, a día de hoy, siguen sin cumplirse las cacareadas promesas y las aplicaciones rentables continúan retrasándose. Por ejemplo, el Gobierno Federal Alemán que lleva investigando las aplicaciones del hidrógeno desde 1975 a través de diferentes programas¹¹, y en el 2007 anunció el Programa de Innovación Nacional que prometía movilizar más de 700 millones de euros de fondos públicos con el apoyo de las empresas del sector para lograr una importante penetración de la tecnología del hidrógeno en Alemania¹². Esa penetración prometida en un inicio no existe en la actualidad, y los pocos estudios de percepción hechos sobre la fecha muestran el claro desconocimiento en la ciudadanía de los impactos de esta tecnología¹³.

El sector industrial y el gubernamental están concentrando grandes esfuerzos en el desarrollo de esta tecnología. Estos argumentan que podría ser una de las pocas soluciones de almacenamiento disponibles, junto a las baterías eléctricas. Tendrían la ventaja sobre estas últimas de que, gracias a su mayor densidad energética podría ser más apropiado en usos como el transporte pesado de larga distancia, barcos o aviones. También podría servir para dar soluciones a sectores industriales tanto en usos energéticos como materiales.

Sin embargo, estas promesas del sector están muy lejos de la realidad, ya que los proyectos que se están proponiendo están en muchos casos lejos de la viabilidad económica, energética y ambiental necesaria para una adecuada transición. Esta publicidad ignora que no podemos desligar el hidrógeno de los impactos de las energías renovables usadas para obtenerlo, ni tampoco olvidar la ineficiencia energética del proceso, que hace a este gas descartable para muchas aplicaciones donde la electrificación es una solución más apropiada, como en el caso de los vehículos ligeros.

11 Más información sobre el Programa de Innovación de Alemania en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fuce.200800124>

12 Más información sobre el capítulo específico del hidrógeno en el Programa de Innovación de Alemania en https://juser.fz-juelich.de/record/135833/files/78_11.pdf

13 Más información sobre la percepción de la ciudadanía alemana en el artículo de René Zimmer y Jörg Welke "Let's go green with hydrogen! The general public's perspective." disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319912004909>

El hidrógeno verde podría...

El hidrógeno verde podría, siempre y cuando se apliquen criterios estrictos de protección ambiental y dentro del marco de un sistema energético dentro de los límites del planeta:

- **Sustituir el consumo material de H₂**: en la actualidad el hidrógeno es usado como material en distintas industrias y su obtención es mayoritariamente a través de los combustibles fósiles. Más allá de que el foco se esté centrando en exclusiva en su papel energético, el hidrógeno hoy es usado en diversas aplicaciones, entre ellas¹⁴:
 - **Obtención de amoníaco y derivados**: a nivel europeo el 43% del consumo de hidrógeno se utiliza para la obtención del amoníaco y otra serie de compuestos químicos ampliamente utilizados en la actualidad. Este amoníaco es mayoritariamente usado para la obtención de fertilizantes agrícolas químicos.
 - **Obtención de alcoholes y compuestos orgánicos**: necesarios para la síntesis de productos químicos de muy diversa índole (ciclohexano, aminas, alcoholes alifáticos,) , así como para la fabricación de algunos plásticos. Supone a nivel europeo el 5% del consumo de hidrógeno.
 - **Industria metalúrgica**: el hidrógeno se emplea para la producción de muchos metales. Es habitual añadir diferentes proporciones de hidrógeno a las corrientes gaseosas empleadas en diferentes procesos de corte y soldadura. También es utilizado en la producción de semiconductores, para incluir impurezas en un proceso conocido como dopaje y de vital importancia para importantes aplicaciones tecnológicas como la fotovoltaica.
 - **Refinerías, para desulfurar o aligerar petróleos pesados**: el hidrógeno se utiliza para quitar el azufre de petróleos “sucios” o para aligerarlos cuando son petróleos muy pesados. Es el sector que más consumo de hidrógeno tiene en el conjunto de la UE, absorbiendo hasta un 52% del mercado.
 - No podemos desligar el abastecimiento prioritario de este hidrógeno como recurso material, de la previsible demanda de estos bienes en un futuro. Así debemos discernir entre aquellas aplicaciones que es necesario mantener y aquellas que se deben reducir o eliminar debido a su elevado coste climático, ecológico o social. Un ejemplo lo puede constituir el sector de los pesticidas, que representa un importante porcentaje del consumo de amoníaco, pero cuya demanda futura deberá reducirse drásticamente por motivos ambientales y sanitarios. En el lado contrario podría situarse el hidrógeno para el dopaje de las células fotovoltaicas, de cuya continuidad a muy largo plazo depende el abastecimiento de energía para multitud de usos. De hecho, **más del 90% del consumo actual del hidrógeno europeo se destina al petróleo y a los fertilizantes químicos, dos sectores que deberán desaparecer para alcanzar la neutralidad climática.**
- **Solventar problemas con tecnologías no electrificables**: uno de los dilemas de la transición energética es qué tecnologías dedicamos a cada uno de los sectores a descarbonizar. Esta respuesta es compleja y se deben valorar múltiples aspectos de estas tecnologías, entre ellos, la eficiencia de los procesos y la comparativa de análisis de ciclo de vida lo más completos posibles. En el caso del hidrógeno vemos que la baja eficiencia lo hace desaconsejable para aquellas aplicaciones que usan la electricidad o son más fácilmente electrificables, como es el caso del ferrocarril. Pero por el lado contrario tenemos algunas aplicaciones que requieren la utilización de tecnologías con una alta densidad energética, donde la electricidad no llega, como es el caso de la navegación marítima

14 Más información sobre usos del hidrógeno como material en “Hydrogen as Raw Material” de W. Schnurnberger disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-61561-0_4

y aérea, o de grandes maquinarias de obra. Aquí, el hidrógeno, y más específicamente la utilización de los electro combustibles podrían ofrecer soluciones. Sin embargo, se hace nuevamente necesaria una planificación coherente teniendo en cuenta además que el mantenimiento del actual número de desplazamientos aéreos¹⁵ y marítimos¹⁶ es altamente insostenible.

- **Apoyar los momentos de baja producción eléctrica y dar respuesta en el corto plazo.** Un sistema energético renovable y sostenible debe, necesariamente, pasar por una diversidad de tecnologías en consonancia con los recursos y valores de un territorio. La diversidad de fuentes energéticas, sistemas de almacenamiento y un correcto dimensionamiento son claves para la transición energética. En ese diseño podrían existir soluciones de pequeña y mediana escala en las que el hidrógeno pudiese suponer una ventaja adicional.
- **Sustituir la demanda de algunos minerales.** A diferencia de los sistemas de baterías actuales, las tecnologías usadas para la fabricación y almacenamiento del hidrógeno son dependientes de distintos minerales que las actuales tecnologías de baterías¹⁷ y su durabilidad es mucho mayor¹⁸.
- **Dar respuesta a sectores industriales muy vulnerables a la descarbonización.** Existen procesos industriales que requieren alcanzar elevadas temperaturas para operar, es el caso por ejemplo de los hornos de fundición, altamente dependientes de combustibles fósiles. Solo con la aplicación de tecnologías de combustión logran alcanzar las temperaturas necesarias. En ese caso, incorporar de una forma sostenible y racional el hidrógeno podría ayudar a reducir la presión sobre recursos bioenergéticos, como los biocombustibles¹⁹. Además, podría constituir una propuesta para ofrecer una alternativa a los territorios donde se produce el cierre de centrales térmicas y nucleares. A la vez ahorra la construcción de nuevas líneas y subestaciones eléctricas, lo que supone a su vez una amenaza a muchos territorios por la construcción de infraestructuras como hidroductos. Por ello se debe ir estudiando caso a caso y garantizando, entre otras cuestiones, que exista en la zona capacidad suficiente para un despliegue ordenado de las energías renovables asociadas.

15 Más información en el informe “Decrecimiento de la aviación: la reducción del transporte aéreo de manera justa,” de Ecologistas en Acción. Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/136912/aviacion-y-emisiones-una-relacion-de-altos-vuelos-que-es-necesario-frenar/>

16 Especialmente preocupante resulta el incremento de actividades como el turismo de cruceros. Más información en la nota de prensa de Ecologistas en acción “El turismo de cruceros crece en volumen y también en contaminación e impactos socioambientales” Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/134447/el-turismo-de-cruceros-crece-en-volumen-y-tambien-en-contaminacion-e-impactos-socioambientales/>

17 Más información en el informe de la Agencia Internacional de la energía “The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions” disponible en: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/mineral-requirements-for-clean-energy-transitions>

18 Una aproximación a los costes energéticos de los sistemas de almacenamiento de baterías e hidrógeno puede consultarse en el estudio “Hydrogen or batteries for grid storage? A net energy analysis” disponible en: https://www.researchgate.net/publication/275056722_Hydrogen_or_batteries_for_grid_storage_A_net_energy_analysis

19 Más información [Informe] Biocombustibles: más leña al fuego <https://www.ecologistasenaccion.org/138703/informe-biocombustibles-mas-leña-al-fuego/>

Figura 5. Clasificación de usos de hidrógeno ordenados de mejor a peor interés energético



Fuente: <https://elperiodicodelaenergia.com/casos-de-uso-del-hidrogeno/>

El impacto del hidrógeno verde

• Impactos derivados de la instalación de renovables y para la obtención del hidrógeno.

Para la producción de hidrógeno verde es necesario obtener energía a través de fuentes de energías renovables. Aunque estas energías están ampliamente distribuidas y sin duda son la respuesta necesaria para la descarbonización del sistema eléctrico, no están exentas de impactos que se centran particularmente en²⁰:

- Los impactos de la minería de los materiales que requiere.
- La transformación y ocupación de los lugares donde se instalan las centrales eléctricas.
- La competencia por el territorio entre los lugares preservados para el desarrollo de especies no humanas o para la agroecología, que debieran ser espinas dorsales de la transformación socioecológica, y para para la instalación de plantas fotovoltaicas.

Los objetivos de lucha contra el cambio climático y contra la pérdida de biodiversidad han de ser irrenunciables y complementarios. La experiencia acumulada nos hace ser críticos con la actual falta de planificación y sobre cómo los actuales procedimientos de evaluación de impacto ambiental no han sido capaces de frenar distintos impactos.

• Las pérdidas energéticas.

Los dilemas de la transición ecológica se visibilizan como nunca en el hidrógeno verde, que no es ni de lejos el proceso más eficiente. Su fabricación y almacenamiento tiene importantes pérdidas, que podrían reducir la eficiencia del proceso al 20% en muchas de sus aplicaciones. Además, su almacenamiento requiere presiones muy altas, mientras que su gran volatilidad le hace difícilmente almacenable a muy largo plazo. Por otro lado, presenta riesgos en su manipulación debido a su alta explosividad.

• Extractivismo y consumo de materiales²¹

Cuando hablamos de obtención de hidrógeno hablamos fundamentalmente de la aplicación de la hidrólisis del agua. En estos momentos existen tres tecnologías con distintos requerimientos de minerales:

20 Más información en el "Manifiesto de Ecologistas en Acción ante el proceso transición energética e implantación de renovables" <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2021/04/manifiesto-renovables.pdf>

21 Más información en el informe de la Agencia Internacional de la energía "The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions" disponible en: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/mineral-requirements-for-clean-energy-transitions>

- Electrolizadores alcalinos: llevan usándose desde la década de 1920, la aplicación más grande es una planta de 10 MW situada en China. Esta tecnología no requiere de importantes cantidades de metales preciosos, sin embargo, sí precisa del entorno de 1 tonelada de níquel por cada MW.
- Electrolizadores de membrana de intercambio protónico (PEM), son la tecnología que más está creciendo, con electrolizadores de hasta 20 MW. Entre sus ventajas están su menor tamaño y mayor flexibilidad de operación. Sin embargo, es una tecnología todavía inmadura y costosa que precisa de 0,3 kg de platino y 0,7 kg de iridio por MW, ambos materiales muy raros, por lo que el crecimiento de esta tecnologías incrementará sustancialmente la demanda de estos materiales.
- Celda electrolizadora de óxido sólido (SOEC): es la más inmadura de las tres tecnologías. En estos momentos solo existen aplicaciones a pequeña escala y de investigación. A pesar de sus promesas no se espera que esté disponible a corto plazo. Entre sus requerimientos minerales están el níquel(200 kg por MW), circonio(40 kg por MW), itrio (5kg por MW) y lantano (20 kg por MW).

Además de considerar los electrolizadores es necesario tener en cuenta las demandas minerales adicionales de las tecnologías catalíticas o de almacenamiento de este hidrógeno. Así, para las aplicaciones en vehículos la Agencia Internacional de la Energía estima que de cumplirse los mejores pronósticos de reducir el platino usado para las pilas de combustible la demanda de platino en 2040 alcanzará las 100 toneladas anuales.

• **Infraestructuras adicionales y presiones sobre otros recursos.**

La construcción de nuevas infraestructuras es una de las grandes amenazas que se esconden detrás de esta apuesta del hidrógeno. Paralelamente a la reactivación del sector ha surgido la reactivación de proyectos que originalmente estaban vinculados al gas y a los que se pretende revivir con el hidrógeno, este podría ser el caso del MidCat o el corredor cantábrico. También aparecen nuevas propuestas como el corredor vasco del hidrógeno. Los impactos de estas infraestructuras son elevados, tanto en el consumo energético que requieren, las emisiones de carbono asociadas, la fragmentación y destrucción de hábitats o riesgos para la salud. En un escenario de reducción de consumos energéticos en línea con la lucha climática la construcción de nuevas infraestructuras gasísticas en España es descartable en la mayor parte de los casos. El más relevante es sobre los recursos hídricos, ya que este hidrógeno se obtiene de la hidrólisis del agua. Esto podría suponer mayores demandas de agua en un país con escasez hídrica y donde el cambio climático traerá mayores reducciones de la disponibilidad de este recurso. Pero por otro lado, podría ser una técnica para la depuración de aguas fuertemente contaminadas donde los tratamientos convencionales no llegan.

• **Ruptura de una adecuada orientación de la transición ecológica.**

Abordar adecuadamente la transición ecológica requiere superar los discursos centrados en exclusiva en la sustitución de unas tecnologías por otras. Incluso aún cuando existen soluciones tecnológicas para transformar sectores fósiles no es posible eludir la realidad de vivir en un planeta de recursos finitos. En ese sentido, es necesario una planificación de las necesidades a cubrir en el corto medio y largo plazo y hacerlas compatibles con los recursos energéticos, materiales y minerales disponibles. Seguir avanzando sin tener en cuenta la necesidad de abastecimiento presente y futura puede poner en riesgo el mantenimiento en las próximas décadas de importantes bienes y servicios para la población (alimentación, sanidad, educación,...). Una falta de definiciones claras que provoca que sean los agentes económicos y las grandes empresas energéticas, las que determinen dónde y para qué se instala una u otra energía. Esto es lo que está sucediendo ahora con el hidrógeno, donde empresas como Enagás o Repsol se están posicionando las primeras de la fila para recibir ingentes millones de euros públicos para mantener sus obsoletos sectores y, de paso, teñirse de verde. Sin embargo, nadie ha planteado si sus proyectos son ecológica y económicamente viables, o si suponen por ejemplo una competencia con la descarbonización del sector eléctrico o los impactos de la ocupación territorial que están planteando.

¿Quiénes están detrás de su promoción?

La nueva geopolítica energética

La transición energética hacia las renovables supone un reto a nivel global. No solo porque debemos reducir las emisiones de CO₂ para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, sino por las relaciones internacionales que existen entre países y regiones del planeta en el ámbito de la energía.

La dependencia en combustibles fósiles de los sistemas energéticos a nivel mundial ha dado mayor poder de negociación a aquellos países que contaban con reservas en sus territorios. Sin embargo, la mayoría de ellos son países que se caracterizan por estar gobernados por dictaduras o regímenes autoritarios, como es el caso de Arabia Saudí, Rusia, Irán y Argelia. Este panorama político y el fin de los combustibles fósiles suponen una amenaza para la estabilidad política y social de estos países, ya que son los países más endeudados y tienen una alta dependencia del Producto Interior Bruto (PIB) respecto a la exportación de combustibles fósiles.

El elemento que marcará las relaciones internacionales en el ámbito de la energía en las próximas décadas será el hidrógeno, ya que se está promoviendo como el vector energético que nos permitirá descarbonizar la economía, bajo el mantra del crecimiento en el que se escuda el neoliberalismo.

El pasado mes de febrero, la patronal del hidrógeno a nivel global, Hydrogen Council²², juntamente con la consultora McKinsey, presentaron el informe “Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness”²³ para exponer cómo se estaba desarrollando el mercado del hidrógeno y cuáles eran sus perspectivas en la próxima década. En él se detalla que más de 30 países ya han elaborado estrategias nacionales para el desarrollo de este vector energético y se han presentado más de 220 proyectos en toda su cadena de valor, con una inversión de casi 350.000 millones de euros. Destaca el hecho de que más de la mitad de los proyectos se han presentado en Europa²⁴, seguida de Australia²⁵, Japón²⁶, Corea del Sur²⁷, China²⁸ y los Estados Unidos²⁹. Debemos remarcar que todos estos cuentan con una estrategia o hoja de ruta nacional.

22 Para saber sobre el Hydrogen Council: <https://hydrogencouncil.com/en/>

23 Más información en el informe “Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness” de Hydrogen Council. Disponible en: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>

24 Para saber sobre la Estrategia del hidrógeno de la Comisión Europea: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

25 Para saber sobre la Estrategia del hidrógeno de Australia: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-11/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>

26 Para saber sobre la Hoja de ruta del hidrógeno de Japón: https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/PDF/Summary_of_Japan%27s_Hydrogen_Strategy.pdf

27 Para saber sobre la Estrategia del hidrógeno de Corea del Sur: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/sichao_kan_hydrogen_korea_2020_1.pdf

28 Para saber sobre la Estrategia del hidrógeno de China: <https://www.ispionline.it/en/pubblicazione/chinas-emerging-hydrogen-strategy-30431>

29 Para saber sobre la Estrategia del hidrógeno de Estados Unidos: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf

Llama la atención que los países y regiones que han desarrollado sus estrategias o hojas de ruta del hidrógeno son del Norte Global, que son actualmente los principales puntos de consumo de combustibles fósiles. Esto ha hecho que los actuales países exportadores de combustibles fósiles hayan tejido alianzas para reclamar que se les incluya en la planificación del nuevo modelo energético a nivel global³⁰, mientras que países con los recursos necesarios para posicionarse como exportadores de hidrógeno y los que tienen la capacidad de adaptarse al nuevo contexto, lo reciben con los brazos abiertos. En este caso encontramos a Arabia Saudí, Australia y Chile que se posicionan como mayores exportadores de hidrógeno para 2030³¹.

Si analizamos el caso de la Unión Europea, vemos que tiene una fuerte dependencia energética de combustibles fósiles y, por lo tanto, de los países exportadores. En 2019, los mayores exportadores de combustibles fósiles para la región europea fueron Rusia (27%), Iraq (9%), Nigeria (8%), Arabia Saudí (8%), Kazajistán (7%) y Noruega (7%)³².

En la Estrategia del Hidrógeno para una Europa neutra climáticamente³³ que publicó la Comisión Europea en julio de 2020 justamente se apunta que el hidrógeno debe ser un elemento clave en la política energética con otras regiones del planeta. Una de las principales alianzas es con los países y regiones vecinos hacia el este y el sur, como son el norte de África y Ucrania, ya que se estima que para 2030 puedan tener una capacidad instalada de electrolizadores de 40 GW. También identifica otras regiones con las que no se han establecido lazos estrechos en materia de energía hasta el momento, como es el centro y el sur del continente africano. El interés ha surgido del alto potencial de generación solar e hidroeléctrica que tiene la región y, por lo tanto, de la generación de hidrógeno limpio. Su materialización se realizará a través de la ya existente Africa-Europe Green Energy Initiative³⁴.

Un hecho que constata el interés del continente africano por parte de algunos países con estrategias de hidrógeno listas para implementar fue la conferencia organizada por la Asociación Industrial de Energía Solar Africana y el Partenariado de Hidrógeno Africano a final de marzo de 2021. En esta se puso de relieve la necesidad de desarrollar una economía del hidrógeno para beneficiarse de la alta radiación solar que tiene la región, sugiriendo que el sobredimensionamiento de la producción de hidrógeno verde puede ayudar a su abastecimiento de agua, debido al aumento de la capacidad de las plantas desalinizadoras³⁵.

En la misma lógica está operando el gobierno de la República Democrática del Congo con el proyecto hidroeléctrico Inga Dam III, que supone ampliar la capacidad actual de 1,42 GW hasta 4,8 GW. Este proyecto es la tercera fase del complejo hidroeléctrico Grand Inga, que pretende convertirse en la mayor instalación de generación de energía hidroeléctrica del mundo con una

30 Más información en el artículo "Gas plays critical decarbonization role, says GECF panel" de Compressortech2. Disponible en: https://www.compressortech2.com/news/gas-plays-critical-decarbonization-role-says-gecf-panel/8011172.article?utm_source=pocket_mylist

31 Más información en el artículo "Hidrógeno verde: 6 países que lideran la producción de una de las "energías del futuro" (y cuál es el único latinoamericano)" de BBC news. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777?utm_source=pocket_mylist

32 Más información en el artículo "From where do we import energy" de Eurostat. Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2c.html>

33 Para saber más de la Estrategia del Hidrógeno para una Europa neutra climáticamente de la Comisión Europea https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

34 Para saber más sobre la Africa-Europe Green Energy Initiative: https://ec.europa.eu/international-partnerships/system/files/communication-eu-africa-strategy-join-2020-4-final_en.pdf

35 Más información en el artículo "African green hydrogen could feed German and Japanese industry and water drought-stricken nations" de pv magazine. Disponible en: https://www.pv-magazine.com/2021/03/29/african-green-hydrogen-could-feed-german-and-japanese-industry-and-water-drought-stricken-nations/?utm_source=pocket_mylist

potencia de 45 GW, una vez finalizado. El proyecto Inga Dam III está concebido para exportar su energía a otros países de la región, como Sud-África, y también hacerlo hacia otras regiones del planeta, como Europa, a través de líneas de muy alta tensión que atravesarían el continente. Alemania ya ha mostrado su interés en este proyecto a través de negociaciones entre las administraciones congoleña y alemana y empresas e inversores alemanes que promueven el desarrollo de este vector energético en el marco de su Estrategia Nacional del Hidrógeno³⁶. Aunque Alemania no es el único país que está interesado, ya que los inversores europeos ven el hidrógeno verde como una oportunidad para cumplir con el European Green Deal. También hay que tener en cuenta que la República Democrática del Congo es un país estratégico para la transición energética hacia las renovables porque tiene más de la mitad de las reservas de cobalto a nivel mundial³⁷.

Cabe cuestionar la utilización del proyecto hidroeléctrico Inga Dam III para la generación de hidrógeno verde y exportarlo hacia Europa, ya que la viabilidad de transportar hidrógeno verde a largas distancias es muy baja y su rendimiento para la utilización final también es muy bajo por los diferentes procesos de transformación a lo largo de su cadena de suministro y las necesidades energéticas externas para llevarlos a cabo (ver apartado “¿Qué es el hidrógeno?”). Además, solo el 20% de la población del Congo tiene acceso a la electricidad y, por lo tanto, diferentes organizaciones de la sociedad civil están pidiendo que se invierta el dinero para la construcción de proyectos pequeños de producción de energía locales que se ajusten mejor a las necesidades de la población africana. A su vez, la implementación de megaproyectos hidroeléctricos como este tiene impactos medioambientales inherentes, como son la pérdida de biodiversidad y de ecosistemas locales por el anegamiento de tierras y el desplazamiento de las personas que vivan en ese territorio.

La bombona de oxígeno para las grandes empresas energéticas y fósiles

Los países no son los únicos que tienen interés en tener un rol destacado en la transición energética. La promoción y desarrollo del mercado del hidrógeno se está llevando a cabo de la mano de las grandes empresas y lobbies fósiles y energéticos con el objetivo claro de mantener sus cuotas de poder y sus ratios de beneficio.

Así lo constata el informe publicado recientemente por parte de la Red Europea de Observatorios de Transnacionales³⁸ (ENCO, por sus siglas en inglés) y la campaña Fossil Free Politics³⁹, “Apropiarse de la recuperación a través del hidrógeno: como los lobbies energéticos están desviando los fondos de recuperación de la COVID-19”⁴⁰. Este informe analiza cómo las grandes empresas y lobbies energéticos y fósiles han influido en los planes de recuperación nacionales y europeos para que el hidrógeno, y no únicamente el verde, pueda beneficiarse de los fondos públicos europeos.

36 Para saber más sobre la Hoja de ruta del hidrógeno de Alemania: <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/ueber-fraunhofer/wissenschaftspolitik/Positionen/2019-10-a-hydrogen-roadmap-for-germany.pdf>

37 Más información en el libro “Pactos Verdes en tiempos de pandemias: el futuro se disputa ahora” del Observatorio de la Deuda en la Globalización (ODG). Disponible en: <https://odg.cat/es/publicacion/pactos-verdes-pandemias/>

38 Para saber más sobre la Red Europea de Observatorios de Transnacionales (ENCO): <https://corpwatchers.eu/?lang=es>

39 Para saber más sobre la Campaña Fossil Free Politics: <https://www.fossilfreepolitics.org/>

40 Más información en el informe “Apropiarse de la recuperación a través del hidrógeno: Cómo los lobbies energéticos están desviando los fondos de recuperación de la Covid-19” de Red Europea de Observatorios Transnacionales. Disponible en: <https://corpwatchers.eu/es/investigaciones/recoverywatch/>

Por poner algunos ejemplos, en el año 2020 los diferentes lobbies del hidrógeno tuvieron más de 160 reuniones con altos dirigentes de la Comisión Europea, y en el caso de la Dirección General de Energía, fueron el 35% de las reuniones que tuvo este departamento institucional a lo largo del año. A su vez, los lobbies gastaron más de 58 millones de euros en acciones de cabildeo hacia dirigentes de la Comisión Europea⁴¹.

Cabe destacar que el principal lobby del hidrógeno a nivel europeo, Hydrogen Europe⁴², está formado por diferentes sectores, entre ellos el del gas. Las empresas que representan a este sector son: Uniper, Enagás, Snam, Vattenfall, GRTgaz y Gasuine. Estas empresas son las que se han encargado de influir en los diferentes procesos de elaboración y reforma de políticas energéticas europeas para que se incluya el hidrógeno azul como combustible de transición hacia el hidrógeno verde. Al principio se justificaba por la falta de desarrollo y competitividad del precio del hidrógeno verde respecto al azul, pero ahora, desde los lobbies argumentan que el hidrógeno azul será necesario para cubrir la demanda que el verde no sea capaz de satisfacer, ignorando que la tecnología de la Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC), imprescindible para el hidrógeno azul, tampoco ha sido desarrollada en proyectos a gran escala y presenta muchas dudas por su peligrosidad y coste ambiental y económico.

En el Estado español son las grandes empresas energéticas las que están empujando para liderar la transición energética. Esto se ha visto con las propuestas de Iberdrola⁴³, Endesa y Naturgy⁴⁴ que, conjuntamente, han presentado proyectos por un total de 53.000 millones de euros para beneficiarse del plan de recuperación y resiliencia España Puede.

Si hablamos de hidrógeno verde, Iberdrola ha presentado al Ministerio de Transición Ecológica 53 proyectos con una potencia instalada de electrolizadores de 1GW y 4.000 MW de plantas renovables para su funcionamiento con una inversión de 4.000 millones de euros⁴⁵, mientras que Endesa lo ha hecho con 23 proyectos con una potencia instalada de 340 MW en electrolizadores y 2.000 MW en plantas renovables para su funcionamiento con una inversión de 2.900 millones de euros⁴⁶. La propuesta presentada por Iberdrola supondría cubrir el 25% de la potencia instalada de electrolizadores que se ha marcado el Gobierno español para 2030 en su Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable⁴⁷.

Por su parte, Naturgy apuesta por el desarrollo de la red de hidrogeneras utilizando la ya existente para el repostaje de Gas Natural Licuado (GNL) y Gas Natural Comprimido (GNC)⁴⁸. Con

41 Más información en el informe "The hydrogen hype: gas industry fairy-tail or climate horror story" de Corporate Europe Observatory, Re:Common y Food & Water Action Europe. Disponible en: <https://corporateeurope.org/en/hydrogen-hype>

42 Para saber más sobre Hydrogen Europe: <https://www.hydrogeneurope.eu/>

43 Más información en el artículo "Iberdrola propone más de 21.000 millones en inversiones con 150 proyectos para los fondos europeos" de Invertia. Disponible en: https://www.elpais.com/invertia/empresas/energia/20210208/iberdrola-propone-millones-inversiones-proyectos-fondos-europeos/557444884_0.html?utm_source=pocket_mylist

44 Más información en el artículo "Endesa y Naturgy buscan fondos para movilizar 32.000 millones" de Expansión. Disponible en: https://www.expansion.com/empresas/energia/2020/12/26/5fe653e5e5fdeaf46c8b456e.html?utm_source=pocket_mylist

45 Más información en el artículo "Iberdrola invertirá 2.500 millones en proyectos de hidrógeno verde" de Cinco días. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/02/10/companias/1612980821_945540.html

46 Más información en el artículo "Endesa destina 2.900 millones a 23 proyectos de hidrógeno verde que cubren la mitad de la potencia prevista hasta 2023" de El País. Disponible en: https://elpais.com/economia/2021-02-01/endesa-invertira-2900-millones-en-23-proyectos-de-hidrogeno-verde-en-espana.html?ssm=FB_CM&utm_source=Facebook#Echobox=1620388290

47 Para saber más de la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable del Gobierno español: https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF

48 Más información en el artículo "Naturgy transita del gas natural como combustible vehicular al hidrógeno" de Energías Renovables. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/hidrogeno/naturgy-transita-del-gas-natural-como-combustible-20210209>

la implementación de la segunda fase se llegaría a cubrir el objetivo marcado para 2030 en la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable.

La empresa española que está planteando más proyectos para la implementación del hidrógeno en el territorio estatal es Enagás. El proyecto más relevante es el Valle del Hidrógeno de Catalunya⁴⁹, uno de los 27 proyectos emblemáticos del plan de recuperación Next Generation Catalonia⁵⁰ (ver apartado “ejemplos concretos de proyectos”). Además, forma parte de diferentes consorcios y plataformas a nivel europeo que promueven la creación de un mercado europeo del hidrógeno (ver apartado “La Península Ibérica como hub del “hidrógeno”).

.....
49 Para saber más sobre el Valle del Hidrógeno de Catalunya: <https://www.h2valley.cat/es/>

50 Para saber más sobre el Next Generation Catalonia: http://economia.gencat.cat/web/.content/20_departament_gabinet_tecnic/arxius/pla-recuperacio-europa/next-generation-catalonia.pdf

¿Para cuándo un mercado regional/global del hidrógeno?

Actores, roles e instrumentos

La promoción del hidrógeno por parte de las grandes empresas energéticas y fósiles también responde a la necesidad de sus propietarios, mayormente fondos de inversión y otros actores del mundo financiero, que quieren mantener sus cuotas de beneficios. Para asegurarse que pueden influir sobre la promoción de este vector energético lo más sencillo es crear su propio libre mercado, haciendo que únicamente se lleven a cabo operaciones teniendo en cuenta términos monetarios, y no por atender sus utilidades reales. Además, también buscan que exista apoyo por parte de las instituciones públicas a través de garantías, que muy probablemente les permita cubrir las pérdidas en caso de que haya sido una burbuja especulativa.

Actualmente no existe un mercado del hidrógeno, pero están empezando a colocarse las primeras piezas. A nivel estatal, el Gobierno tiene la intención de invertir 9.000 millones de euros hasta 2030, de los cuales 1.500 millones, como mínimo, serán a cargo de los fondos del plan España Puede.

Tabla 2. Distribución de la inversión entre las diferentes palancas y componentes del plan España Puede

Distribución de la inversión entre las diferentes palancas y componentes	Millones de euros	%
I. Agenda urbana y rural, lucha contra la despoblación y desarrollo de la agricultura	14.407	20,7%
1. Plan de choque de movilidad sostenible, segura y conectada en entornos urbanos y metropolitanos	6.536	9,4%
2. Plan de rehabilitación de vivienda y regeneración urbana	6.820	9,8%
3. Transformación ambiental y digital del sistema agroalimentario y pesquero	1.051	1,5%
II. Infraestructuras y ecosistemas resilientes	10.400	15,0%
4. Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad	1.642	2,4%
5. Preservación del espacio litoral y los recursos hídricos	2.091	3,0%
6. Movilidad sostenible, segura y conectada	6.667	9,6%
III. Transición energética justa e inclusiva	6.385	9,2%
7. Despliegue e integración de energías renovables	3.165	4,6%
8. Infraestructuras eléctricas, promoción de redes inteligentes y despliegue de la flexibilidad y el almacenamiento	1.365	2,0%
9. Hoja de ruta del hidrógeno renovable y su integración sectorial	1.555	2,2%
10. Estrategia de Transición Justa	300	0,4%

IV. Una Administración para el siglo XXI	4.315	6,2%
11. Modernización de las Administraciones públicas	4.315	6,2%
V. Modernización y digitalización del tejido industrial y de la pyme, recuperación del turismo e impulso a una España nación emprendedora	16.075	23,1%
12. Política Industrial España 2030	4.894	5,4%
13. Impulso a la pyme	3.782	7,0%
14. Plan de modernización y competitividad del sector turístico	3.400	4,9%
15. Conectividad Digital, impulso de la ciberseguridad y despliegue del 5G	3.999	5,8%
VI. Pacto por la ciencia y la innovación. Refuerzo a las capacidades del Sistema Nacional de Salud	4.949	7,1%
16. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial	500	0,7%
17. Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación	3.380	4,9%
18. Renovación y ampliación de las capacidades del Sistema Nacional de Salud	1.069	1,5%
VII. Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades	7.317	10,5%
19. Plan Nacional de Competencias Digitales (digital skills)	3.593	5,2%
20. Plan estratégico de impulso de la Formación Profesional	2.076	3,0%
21. Modernización y digitalización del sistema educativo, incluida la educación temprana de 0 a 3 años	1.648	2,4%
VIII. Nueva economía de los cuidados y políticas de empleo	4.855	7,0%
22. Plan de choque para la economía de los cuidados y refuerzo de las políticas de inclusión	2.492	3,6%
23. Nuevas políticas públicas para un mercado de trabajo dinámico, resiliente e inclusivo	2.363	3,4%
IX. Impulso de la industria de la cultura y el deporte	825	1,2%
24. Revalorización de la industria cultural	325	0,5%
25. España hub audiovisual de Europa (Spain AVS Hub)	200	0,3%
26. Plan de fomento del sector del deporte	300	0,4%
X. Modernización del sistema fiscal para un crecimiento inclusivo y sostenible	-	-
27. Medidas y actuaciones de prevención y lucha contra el fraude fiscal	-	-
28. Adaptación del sistema impositivo a la realidad del siglo XXI	-	-
29. Mejora de la eficiencia del gasto público	-	-
30. Sostenibilidad a largo plazo del sistema público de pensiones en el marco del Pacto de Toledo	-	-
Total	69.528	100%

Elaboración propia con datos del Gobierno de España.

A su vez, los gobiernos del Norte Global están aprobando programas y políticas que sitúan en el centro una transición energética basada en energías renovables, como el Green New Deal en Estados Unidos y el European Green Deal⁵¹. Al igual que las estrategias y hojas de ruta del hidrógeno, planifican la transición energética a nivel global, sin tener en cuenta las necesidades ni los impactos socioecológicos que generan en los países exportadores. En realidad las poblaciones vulnerables del extractivismo fósil siguen siéndolo, esta vez por la extracción de materias primas críticas necesarias para la transición energética en el Norte Global.

La aprobación de programas y políticas enfocados hacia una transición energética basada en renovables y nuevos vectores energéticos dan señales al mercado financiero que debe desinvertir en los combustibles fósiles y apostar por el hidrógeno y las energías renovables si quiere mantener el apoyo público en sus inversiones.

Así lo constata el informe de Goldman Sachs "Green Hydrogen: The next transformation driver of the Utilities industry"⁵² que estima que el mercado del hidrógeno puede tener un valor de 10 billones de euros en 2050. Esta valoración se ha hecho para tres regiones del planeta: Asia, Estados Unidos y Unión Europea, que su valor estimado de mercado es de 4,4, 2,9 y 2,2 billones de euros, respectivamente. En el caso de la Unión Europea, destaca que casi dos terceras partes de la inversión irá destinada a las plantas de energías renovables necesarias para el funcionamiento de los electrolizadores.

Tabla 3. Estimación de valor para cada componente del mercado del hidrógeno en Europa

	Inversiones de capital (Capex) para 2050, en billones de euros	% cuota de mercado	Función
Renovables	1,4	65%	Para alimentar los 500 GW de electrolizadores
Plantas de hidrógeno	0,4	15%	450-500 GW de capacidad punta para satisfacer el 10% de la demanda europea
Electrolizadores	0,4	15%	500 GW de electrolizadores
Infraestructura de gas fósil	0,1	5%	Reconversión de gasoductos
Total	2,2	100%	

Elaboración propia con datos de Goldman Sachs.

Otro aspecto que debemos tener en cuenta en los mercados son los instrumentos y mecanismos que existen para garantizar su funcionamiento. Hace más de una década se crearon los bonos verdes⁵³ (Green bonds) para diferenciar las inversiones respetuosas con el clima y el medioambiente respecto del resto. El mayor inconveniente que tienen es que no existen unos criterios unificados sobre qué actividades deben incluir y si sus condicionalidades son de obligatorio cumplimiento.

Si nos fijamos en los utilizados en la Unión Europea (EU Green Bond Standards), vemos que el emisor debe cumplir el principio de no causar daño (do-no-harm) marcado por la taxonomía europea, publicar previamente una política marco sobre los bonos verdes, monitorizar el destino

51 Para saber más sobre el European Green Deal de la Comisión Europea: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es

52 Más información en el informe "Green Hydrogen: The next transformation driver of the Utilities industry" de Goldman Sachs. Disponible en: <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/green-hydrogen/report.pdf>

53 Para saber más sobre los Bonos Verdes: <https://www.climatebonds.net/market/explaining-green-bonds>

del dinero y los impactos generados y realizar una evaluación por parte de un organismo externo i/o independiente⁵⁴. Dos organismos que cumplen esta distinción son EQA⁵⁵ y la Climate Bond Initiative⁵⁶.

En el caso de la Climate Bond Initiative, catalogan los proyectos de hidrógeno verde y el bajo en emisiones, como lo es el azul, a lo largo de su cadena de valor como candidatos para beneficiarse de los bonos verdes⁵⁷. Al igual que otros actores del sector privado y financiero, identifican los siguientes retos: las inversiones del sector público, la competitividad y el comercio y las redes de distribución.

Acuerdos de importación-exportación

El libre mercado no es el único espacio donde pueden establecerse relaciones comerciales relacionadas con el ámbito de la energía. También existen los contratos bilaterales entre partes, que tienen condiciones exclusivas para cada uno de estos acuerdos. Este es el que se ha utilizado históricamente entre países exportadores e importadores de gas fósil, aunque en la última década han proliferado los contratos a través del libre mercado. La duración de estos contratos acostumbraban a ser de décadas para garantizar que el país exportador pudiese amortizar la inversión que suponía la construcción de las infraestructuras para la extracción y el transporte del combustible fósil.

En el caso del hidrógeno ya estamos viendo los primeros acuerdos bilaterales entre diferentes regiones del planeta, aunque sean a futuro porque los proyectos en cuestión aún están en fase de concepción o construcción. Uno de los que ha generado más revuelo ha sido al que han llegado Chile y Países Bajos⁵⁸. El propósito de esta alianza es el desarrollo de uno de los mayores parques eólicos a nivel mundial para la generación de hidrógeno verde en la región de Magallanes, al sur de Chile, y que a su vez permite promover el puerto de Rotterdam como principal punto de importación y exportación de este vector energético en la Unión Europea.

Otro país europeo que tiene planes para importar hidrógeno desde diferentes regiones del planeta es Alemania. En marzo firmó un contrato con Canadá para importar hidrógeno azul, ya que el país norteamericano sigue apostando por los combustibles fósiles como fuente para la generación de hidrógeno⁵⁹, mientras que en abril llegó a un acuerdo con Australia para importar hidrógeno verde⁶⁰. El acuerdo con Australia se cree que es poco coherente porque aún está en fase de desarrollo la tecnología necesaria para la importación en barco de este vector energético, u otros subproductos, como el amoníaco, lo que podría generar grandes emisiones de CO₂. Además, la estrategia del país germano está vinculada a la utilización de las plantas de importación de gas natural licuado (GNL) que están actualmente en fase de proyección o construcción.

54 Para saber más sobre los Bonos Verdes: <https://www.somo.nl/a-voluntary-eu-green-bond-standard/>

55 Para saber más sobre la EQA: <https://eqa.es/>

56 Para saber más sobre la Climate Bond Initiative: <https://www.climatebonds.net/>

57 Más información en el informe "Climate investment opportunities: Climate-aligned bonds&issuers 2020" de Climate Bond Initiative. Disponible en: https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_climate-aligned_bonds_issuers_2020.pdf

58 Más información en el artículo "Hidrógeno verde: Magallanes lidera en Latinoamérica" de El Pinguino. Disponible en: <https://elpinguino.com/noticia/2021/03/28/hidrogeno-verde-magallanes-lidera-en-latinoamerica>

59 Más información en el artículo "Canada, germany sign green energy deal in bid to power fledgling hydrogen sector" de la CBC. Disponible en: <https://www.cbc.ca/news/politics/canada-germany-energy-transition-1.5951584>

60 Más información en el artículo "El absurdo y poco sostenible acuerdo de Alemania para traerse hidrógeno desde Australia" de El periódico de la energía. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-absurdo-y-poco-sostenible-acuerdo-de-alemania-para-traerse-hidrogeno-desde-australia/amp/>

Japón también ha iniciado la elaboración de contratos con futuros exportadores de hidrógeno. El pasado mes de abril llegó a un acuerdo con los Emiratos Árabes Unidos para colaborar en el desarrollo de proyectos de hidrógeno que permitan satisfacer su demanda⁶¹. Estos proyectos generarán hidrógeno azul y verde y sustituirán el comercio de combustibles fósiles que existe entre los dos países. El país nipón está priorizando la Península Arábiga, ya que en marzo del mismo año había llegado a un acuerdo con Arabia Saudí para realizar estudios de viabilidad de proyectos relacionados con las cadenas de suministro del hidrógeno azul y el amoníaco.

61 Más información en el artículo "Japan, UAE sign hydrogen co-operation deal" de Argusmedia. Disponible en: <https://www.argusmedia.com/en/news/2203675-japan-uae-sign-hydrogen-cooperation-deal>

Un nuevo modelo energético para el hidrógeno

El elevado coste de las inversiones y del producto sigue siendo el gran problema para el sector del hidrógeno, razón por la que se intenta incentivar desde las instituciones públicas, ya que tras décadas de desarrollo apenas existen aplicaciones realmente viables. De hecho, **los proyectos actualmente más relevantes** son en su mayor medida proyectos piloto, de investigación o para analizar la potencialidad del mismo. Un hecho que no ha impedido que importantes empresas energéticas hayan visto en el hidrógeno un nuevo nicho de negocio, lanzándose a proyectos que en muchos casos son cuestionables y menos rentables de lo anunciado.

La estrategia del hidrógeno de la UE establece el objetivo de producir 10 millones de toneladas de hidrógeno verde para 2030, lo que representa tan solo un **11% del consumo de hidrógeno total** en la actualidad en el conjunto de la Unión. Según la Agencia Internacional de la Energía, la demanda de hidrógeno para diversos usos industriales en 2018 se situó en 73,9 millones de toneladas. Solo el 0,1% de este hidrógeno es verde en la actualidad. El problema más relevante, es que a pesar de que sustituir la actual demanda de hidrógeno de origen fósil debería ser prioritario, la mayor parte de las propuestas se basan en la utilización de hidrógeno para aplicaciones ineficientes como el tren o el vehículo privado.

En estos momentos, y al hilo de las promesas anunciadas sobre las bondades del sector, con los consiguientes movimientos especulativos, se hace necesario alertar de las querencias de la economía española por las burbujas económicas, las cuales estallan con impactos especialmente preocupantes para las personas más vulnerables. El panorama energético español es el alumno aventajado de estos procesos especulativos. Basta recordar la burbuja gasista que sufrimos a principios de este siglo, cuando temerariamente los gobiernos provocaron una apuesta de las grandes energéticas por centrales de ciclo combinado de gas y terminales de regasificación, siendo las renovables las que a la postre acabaron pagando la fiesta en forma de moratorias y paralización de ayudas.

Abordar el papel del hidrógeno en la transición energética no puede desligarse del adecuado diseño de un mix energético en consonancia con los límites planetarios. Este modelo deberá considerar como pilares básicos, así según el Horizonte Energético a 2050, la eficiencia, el ahorro y la bajada de consumo, es decir, debe reducir la necesidad de energía aumentando la eficiencia así como estar adaptado a la futura disponibilidad energética que será notablemente más baja que la actual, con una potencia disponible cuantitativa y cualitativamente menor. Nuestro modelo deberá estar basado en energías limpias reduciendo al máximo su impacto en la extracción de recursos materiales, en la ocupación del territorio, el impacto sobre los ecosistemas y en la generación de residuos.

En definitiva, el hidrógeno debe plantearse en un escenario de transición hacia un modelo basado en la soberanía energética, en el que los individuos conscientes, las comunidades y los pueblos tomen sus propias decisiones respecto a la generación, distribución y consumo de energía, de modo que estas sean apropiadas a sus circunstancias ecológicas, sociales, económicas y culturales, sin afectar negativamente a terceros.

1. Modelo ligado a la minimización de los excedentes energéticos: que debe estar en base a una adecuada planificación, que ponga en primer lugar un marco de descenso de nuestro consumo energético en términos netos y a corto plazo. Esto es especialmente relevante, pues resulta inviable sustituir los consumos energéticos de sectores como el transporte en base a la producción de hidrógeno, verde o no. En esta adecuada planificación se hace evidente que la implantación de las renovables debe centrarse en primer lugar en la sustitución de la potencia fósil y nuclear abundante en el sistema eléctrico. En esa sustitución aparecerán puntas de producción en momentos con elevada disponibilidad de sol o viento, por lo que es recomendable el almacenaje de esa energía para usarla cuando no haya ni sol ni viento.

2. Dimensionamiento adecuado de la potencia a instalar. La tecnología del hidrógeno verde conlleva la necesidad de la instalación de energías renovables, previsiblemente solar y eólica, que aunque menos emisoras de gases de efecto invernadero conlleva otra serie de impactos, si no se planifican de forma adecuada. Así, estamos viendo casos en los que la inadecuada ubicación de estas energías está originando importantes impactos sobre los ecosistemas y las poblaciones. Por ello, resulta fundamental dimensionar estas instalaciones a las necesidades de consumo cercano siempre que sea posible y que suponga la opción de menor impacto, así como, evitar grandes proyectos destinados a la exportación, que supondría una elevada presión en territorios concretos.

3. Modelo flexible en base a la diversidad tecnológica. El diseño de la red eléctrica necesita considerar un adecuado mix energético, con diversas fuentes y modos de almacenamiento y respaldo. Cuanto mayor diversidad de fuentes y tecnologías renovables disponibles mejor capacidad de resistir a futuros problemas. Ser capaces de tener sistemas flexibles que no dependan de una sola fuente energética y se puedan adaptar a diversas situaciones es un pilar clave de la soberanía energética.

Un concepto que en estos momentos debería establecer una jerarquización de diferentes criterios de gestión, entre los que debieran estar prioritariamente alcanzar una adecuada gestión de la demanda y conseguir la mejor utilización de los diferentes tipos de energía. Esto evitaría cometer errores como obtener el hidrógeno de una sola fuente bajo la premisa de proyectos cada vez más grandes o usar el hidrógeno para almacenamiento a largo plazo, ya que parece que, a priori, y debido a las fugas que se producen sólo podrá almacenarse a corto y medio plazo.

4. Planificación de los usos adecuada. El gran olvido en la transición energética es la necesidad de ordenar los usos y las tecnologías, lo que favorece a un sistema de producción capitalista que busca en la desregulación y maximizar sus beneficios. Esta es una de las cuestiones fundamentales para alcanzar una correcta descarbonización. Deberíamos empezar a aplicar un principio de jerarquía de usos de forma que quede claro hacia dónde dirigir cada uno de estos sectores. Un buen ejemplo lo constituye el vehículo privado (el coche), un sector en el que vemos proliferar la aplicación de todas las tecnologías, desde las baterías hasta el hidrógeno, a pesar de que sabemos que sus requerimientos energéticos, en términos netos, **son insostenibles**. No merece la pena seguir empeñándose en caminos imposibles. Tenemos que hacer los cálculos para ver qué cantidad de energía tenemos disponible y sobre qué tecnologías, adecuando esta cantidad y distribuyéndola desde los usos prioritarios, como por ejemplo la alimentación, la fabricación de determinados bienes, o los debidos esfuerzos en la adaptación al cambio climático, antes de **lanzar señales** a sectores como el del vehículo privado. Un hecho reconocido por las empresas del sector como Volkswagen, que ya en 2019 manifestaba con claridad las enormes pérdidas energéticas que presenta el coche de hidrógeno frente al eléctrico⁶².

62 <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/08/hydrogen-or-battery--that-is-the-question.html>

Así deberíamos establecer un sistema de jerarquía de usos que priorice en orden de importancia los:

1. Usos materiales
2. Usos térmicos de altas temperaturas
3. Usos para sectores en los que no existe mejor alternativa
4. Respaldo de generación convencional
5. Otros

La Península Ibérica como hub del hidrógeno

En la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable aprobada por el Gobierno central en Octubre 2020 se identifica como una oportunidad “convertir a España en una de las potencias europeas de generación de energía renovable”. Unos párrafos más abajo indica que debe hacerse a través de la promoción del hidrógeno verde, el biometano y el biogás. Aunque lo que llama más la atención es que también define como relevante disminuir la dependencia energética nacional y del entorno europeo, lo que nos recuerda al discurso que se utilizó hace una década para la promoción de gas fósil.

En esta línea va la misión de la Hydrogen for Climate Action⁶³, un consorcio entre la Dirección General de mercado interno, industria, emprendimiento y PYMES y Hydrogen Europe, que proponen proyectos y regulaciones que permitan la creación de un mercado interno del hidrógeno. Enagás forma parte de este consorcio y más concretamente participa del proyecto Green Spider⁶⁴, que pretende utilizar la infraestructura gasista actual para potenciar el uso de este vector energético en las regiones de Aragón, Baleares, País Vasco y Castilla la Mancha, y poner en funcionamiento la planta regasificadora de El Musel (Gijón) para transportar hidrógeno al centro de Europa. Se ha utilizado el mismo planteamiento para Italia, ya que mediante el proyecto Silver Frog⁶⁵, que juntamente con el Green Spider conforman el Green Crane, el objetivo es potenciar la industrialización del centro de Europa.

63 Para saber más sobre la Hydrogen for Climate Action: <https://www.hydrogen4climateaction.eu/>

64 Para saber más sobre el Proyecto Green Spider de Hydrogen for Climate Action: <https://static1.squarespace.com/static/5d3f0387728026000121b2a2/t/5d9f24f459c7f056aca5a74f/1570710781671/4.A+Green+Spider+project.pdf>

65 Para saber más sobre el Proyecto Silver Frog de Hydrogen for Climate Action: <https://static1.squarespace.com/static/5d3f0387728026000121b2a2/t/5d9f252986e0ee312c638cf6/1570710833197/4.B+SilverFrog+project.pdf>

Figura 6. Proyecto Green Crane, conformado por los proyectos Green Spider y Silver Frog.

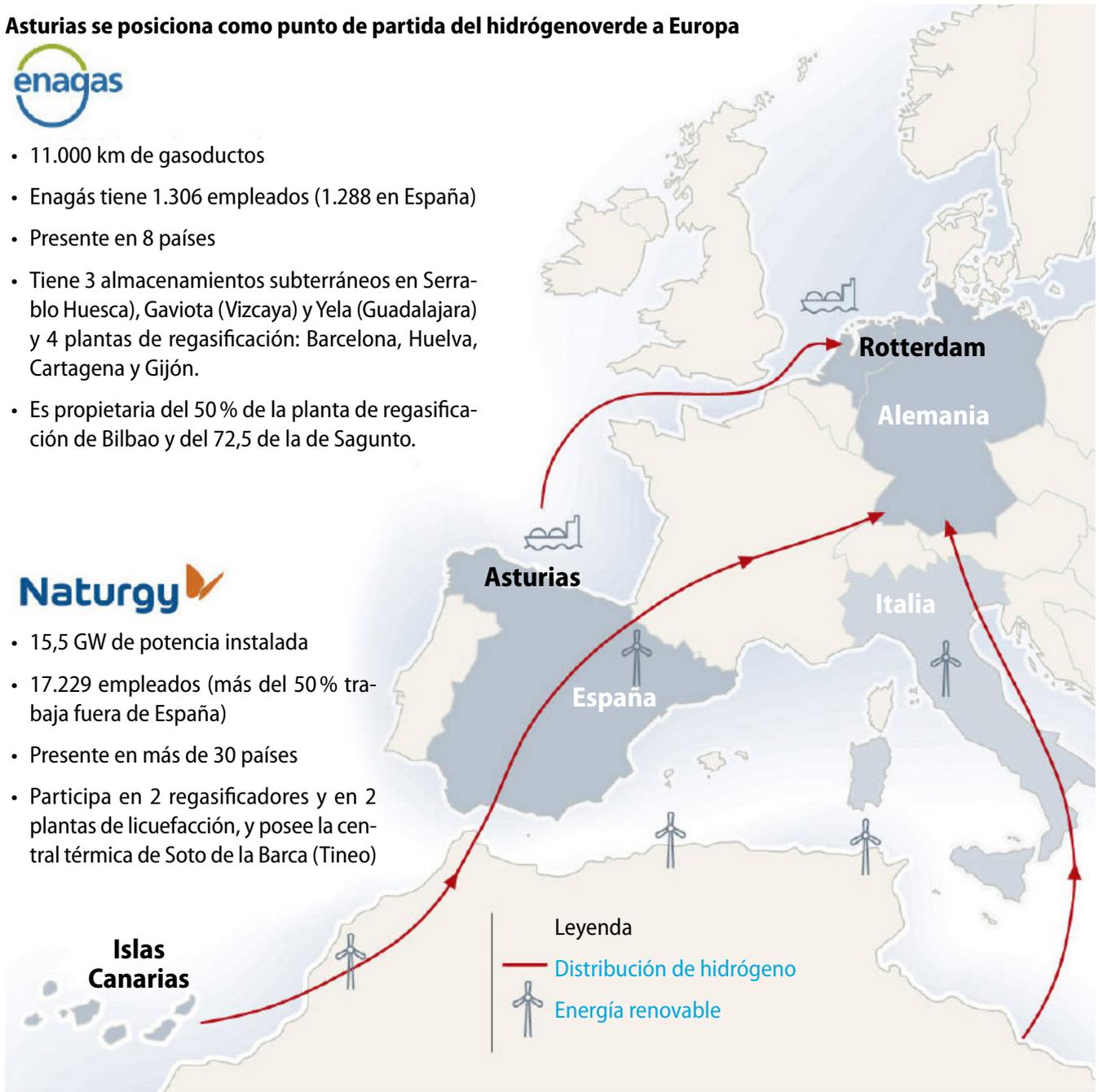
Asturias se posiciona como punto de partida del hidrógeno verde a Europa



- 11.000 km de gasoductos
- Enagás tiene 1.306 empleados (1.288 en España)
- Presente en 8 países
- Tiene 3 almacenamientos subterráneos en Serrablo Huesca), Gaviota (Vizcaya) y Yela (Guadalajara) y 4 plantas de regasificación: Barcelona, Huelva, Cartagena y Gijón.
- Es propietaria del 50% de la planta de regasificación de Bilbao y del 72,5 de la de Sagunto.



- 15,5 GW de potencia instalada
- 17.229 empleados (más del 50% trabaja fuera de España)
- Presente en más de 30 países
- Participa en 2 regasificadores y en 2 plantas de licuefacción, y posee la central térmica de Soto de la Barca (Tineo)



Fuente: El Comercio.

En la descripción del proyecto Green Spider se habla exclusivamente de la producción de hidrógeno en el territorio estatal, pero en la imagen correspondiente al proyecto Green Crane se trazan vías de importación desde el Norte de África. Esta proyección está alineada con la estrategia de hidrógeno de la Comisión Europea, aunque en el caso de la puerta de entrada desde Italia hace referencia a una conexión que no existe actualmente y estaba proyectada anteriormente, que era el gasoducto Galsi.

También ha pasado con el proyecto MidCat/STEP, que debía ser la tercera interconexión gasista entre el Estado español y francés, con la promoción del European Hydrogen Backbone⁶⁶ por parte de Gas for Climate⁶⁷. Esta plataforma conformada por los operadores del sistema gasista de 21 países de la Unión Europea pretende tejer una red de hidroductos de casi 40.000 kilómetros para 2040, el 69% de los cuales serían gasoductos reconvertidos. El 31% restante sería a través de hidroductos de nueva construcción, reactivando viejas interconexiones gasistas, como es el caso del proyecto MidCat/STEP.

Instrumentos regulatorios, sectoriales y transversales

El hidrógeno es un recién llegado a la normativa española, aunque está contemplado dentro de los denominados combustibles alternativos, una categoría cajón de sastre en la que entran muchas aplicaciones tecnológicas. Sin embargo, con motivo de la elaboración de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (Ley 7/20219) y el Plan Nacional Integrado de Clima y Energía, este gas empieza a atraer la atención legislativa. De hecho, el hidrógeno verde aparece contemplado en el segundo a través de varias medidas⁶⁸, así como en la Estrategia a Largo Plazo 2050, que contempla el hidrógeno renovable como uno de los principales vectores para descarbonizar diversos sectores económicos.

Es precisamente la crisis económica surgida tras la COVID19 y los planes de recuperación lo que pone en marcha el impulso definitivo al sector. Unos planes que han contado con el impulso publicitario proporcionado por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico y por la Secretaría de Estado de Energía y por la elaboración de una "Hoja de ruta del Hidrógeno". En ella se presenta esta tecnología de almacenamiento energético como una gran panacea, que no solo conseguirá reducir nuestras emisiones sino solucionar enormes problemas estructurales.

Esta tecnología es merecedora para el gobierno de un apartado propio en los Fondos de Recuperación y Resiliencia, que se asigna como componente 9 y que está basado en las propuestas recogidas en la Hoja de Ruta del Hidrógeno. Aunque resulta muy adecuado que la estrategia española solo contemple el hidrógeno verde (al contrario de lo que ocurre con la europea), también es cierto que será muy difícil garantizar la plena sostenibilidad de este hidrógeno si no se avanzan en mecanismos mejores y más restrictivos. Por ejemplo, es perentorio desarrollar el Sistema de Garantías de Origen que asegure que el hidrógeno utilizado está en línea con la Directiva Europea de Renovables. Una directiva que no es todo lo completa que sería necesario para evitar la inclusión de materias primas impactantes como algunos productos bioenergéticos de primera generación.

66 Para saber más sobre el Hydrogen European Backbone de Gas for Climate: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/European-Hydrogen-Backbone_April-2021_V3.pdf

67 Para saber más sobre Gas for Climate: <https://gasforclimate2050.eu/>

68 En concreto, las medidas 1.1, 1.2, 1.8, 1.18, 2.4, 3.2, 3.3 y 4.7.

Tabla 4. Cuadro Medidas propuestas en la hoja de ruta.

Medida	Valoración
4 GW de electrolizadores instalados en España en 2030	Depende de cuál sea el uso final de ese hidrógeno producido.
Contribución mínima del hidrógeno renovable del 25% respecto del total del hidrógeno consumido en 2030 en todas las industrias consumidoras de hidrógeno tanto como materia prima como fuente energética	Como se ha visto anteriormente, no son lo mismo los usos materiales que los energéticos. Por otro lado, hay que discernir entre sectores en desaparición y en transformación.
5.000-7.500 vehículos ligeros y pesados de combustible de hidrógeno y 150-200 autobuses de pila de combustible.	Los vehículos ligeros no deberían entrar en el sector del hidrógeno. La respuesta al transporte pasa por la reducción del vehículo privado.
Red de al menos 100-150 hidrogeneras de acceso público	Ídem con lo anterior
Utilización en régimen continuo de trenes propulsados con hidrógeno en al menos dos líneas comerciales de media y larga distancia en vías actualmente no electrificadas	La red ferroviaria debe electrificarse, impulsar el tren con hidrógeno no es la mejor solución.
Introducción de maquinaria de handling ⁶⁹ , para que utilice pilas de combustible de hidrógeno renovable y de puntos de suministro en los cinco primeros puertos y aeropuertos en volumen de mercancías y pasajeros respectivamente	Es necesario estudiar la eficiencia de la maquinaria de handling eléctrica frente al hidrógeno, optando exclusivamente por la mejor tecnología en términos energéticos y ambientales.

⁶⁹ La maquinaria de handling, es aquella usada en la manipulación, transporte y almacenamiento de paquetería y mercancías. Una maquinaria clave en la gestión y logística de grandes puertos de comercio internacional.

Ejemplos concretos de proyectos

El Hydrogen Valley of Catalonia

El Hydrogen Valley of Catalonia es uno de los 27 proyectos emblemáticos del Next Generation Catalonia y pretende ser el polo industrial del Sur de Europa con proyectos vinculados a la industria, la movilidad, la economía circular, producción y logística, R+D+I y formación y sensibilización.

El Hydrogen Valley of Catalonia se encuentra ubicado en el Port de Tarragona por su posición geoestratégica clave y está impulsado por más de 100 actores empresariales, como Repsol, Enagás, Naturgy, Celsa, ICL, etc., y cuenta con el apoyo de diferentes instituciones públicas: Generalitat de Catalunya, Àrea Metropolitana de Barcelona y Diputació de Tarragona.

También tiene vinculación con el proyecto Green Crane de Hydrogen for Climate Action y su presupuesto es de más de 6.500 millones de euros, el cual puede obtener financiación pública a través del Next Generation EU y el presupuesto de la Unión Europea para 2021-2027.

Endesa y sus 23 proyectos de Hidrógeno

Endesa, fundada como «Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima» (ENDESA). Actualmente su propietario mayoritario es la eléctrica pública italiana Enel. Hasta el inicio del cierre del carbón fue la empresa más emisora de gases de efecto invernadero en España.

Los proyectos según la propia compañía⁷⁰

“Endesa ha presentado al Ministerio de Transición Ecológica su interés por desarrollar en España hasta 23 proyectos de hidrógeno renovable en las distintas fases de la cadena de valor de este combustible. La inversión asociada asciende a más de 2.900 millones de euros para poner en marcha 340MW de potencia en electrolizadores, alimentados con 2.000 MW de energía renovable”.

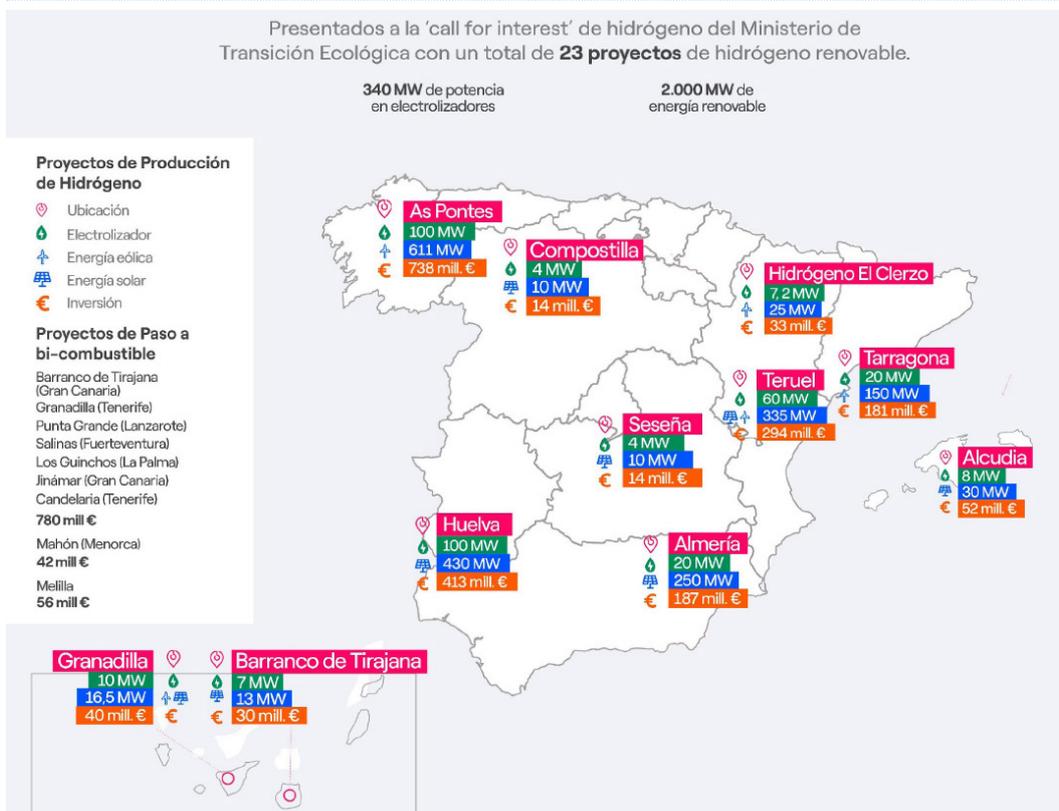
Los proyectos peninsulares de electrolización (As Pontes, Huelva, Teruel, Almería, Tarragona, Valle del Ebro, Compostilla y Seseña) contemplan una inversión agregada de 2.000 millones para la construcción de 8 electrolizadores con una capacidad de 315 MW.

En el caso de los proyectos extrapeninsulares, que absorben otros 900 millones de inversión, se plantean opciones que van desde la producción de hidrógeno verde en plantas de generación (Barranco de Tirajana, Granadilla y Alcudia, con electrolizadores que sumarán 25MW), el paso de plantas operativas a su funcionamiento con bi-combustible, y la sustitución de potencia de otras plantas operativas por hidrógeno/gas.

70 <https://www.endesa.com/es/prensa/sala-de-prensa/noticias/transicion-energetica/endesa-contempla-desarrollo-23-proyectos-hidrogeno-verde-espana>

Fondos a los que opta:
 Fondos para la Transición Justa
 Fondos para la Recuperación y la Resiliencia (Nextgen EU)

Figura 7. Proyectos de hidrógeno de Endesa.



Fuente: Endesa.

Corredor Vasco del Hidrógeno

Petronor (la filial vasca de Repsol) lidera el llamado Corredor Vasco del Hidrógeno⁷¹. Este prevé la producción anual de 20.000 toneladas de hidrógeno y una inversión de 1.300 millones de euros hasta el 2026, de los cuales 650 millones son para hidrógeno verde; otros 250 son para desarrollo tecnológico e industrial en toda la cadena de valor y digitalización, y 50 millones en investigación de aplicaciones de hidrógeno en movilidad, en el sector residencial y en la industria.

Se ha formado un consorcio en el cuál están 78 organizaciones: 8 instituciones, 12 centros de conocimiento y asociaciones empresariales y 58 empresas. Participan una larga lista empresas entre las que cabe mencionar: de siderurgia como ArcelorMittal, fabricantes de tubos Tubacex y Tubos Reunidos, Celsa, Sidenor; la industria ferroviaria (CAF y Talgo). En la movilidad, Siemens, Ingeteam, Irizar, navieras como Balearia y el astillero Murueta; o ingenierías como Sener e Idom, entre otras muchas.

Petronor está actualmente consumiendo H₂ de origen fósil para desulfurar petróleos "socios" al igual que alguna otra de las empresas que participan en el consorcio. Sin embargo, consideramos que la mayoría del H₂ que se plantea producir no tendría sentido desde un punto de vista de eficiencia, considerando que éste puede ser menor del 10%.

71 Más información en la propia página de la empresa <https://petronor.eus/es/2021/02/el-corredor-vasco-del-hidrogeno-implica-a-78-empresas-e-instituciones-de-la-mano-de-petronor-repsol/>

El Musel-Gijón

La utilización de la planta de regasificación de El Musel (Gijón, Asturias), declarada ilegal por varias sentencias judiciales, aparece en varios proyectos liderados por Enagás y que suponen la exportación de hidrógeno a otros países europeos. El principal de ellos es el conocido como Green Crane⁷² (Grulla Verde; en una fase anterior, antes de involucrar también a la italiana Snam, estaba denominado como Green Spider) y que tiene como objetivo tejer una red de producción y circulación de hidrógeno verde por Europa gracias a las infraestructuras de transporte de Enagás y de plantas de electrólisis partiendo de energías limpias, situadas en cinco Comunidades Autónomas: Asturias, País Vasco, Castilla y León, Aragón y Baleares. Este proyecto ha sido presentado a la convocatoria de los IPCEIs de la mano del Ministerio de Industria.

Figura8. Proyectos de hidrógeno de Enagás y Snam.



Además de ese gran proyecto destinado a la exportación de hidrógeno al norte de Europa, Naturgy y Enagás se han aliado en otro proyecto que involucra a la planta de El Musel y que supondrá una inversión de cerca de 400 millones de euros. El proyecto prevé producir hidrógeno verde desde un parque eólico marino flotante de 250 MW y otro terrestre de 100 MW en Asturias para consumo de la industria ubicada en esta comunidad autónoma. La iniciativa permitirá avanzar en la transición energética, al favorecer la descarbonización de sectores como el del acero y de astilleros, lo cual podría tener sentido, extendiéndose también a otros sectores, gracias a la inyección de hidrógeno renovable en la red gasista.

Es tal el volumen de noticias y anuncios de proyectos sobre hidrógeno verde que cuesta trabajo distinguir entre unos y otros.

72 Información sobre el mismo se puede encontrar en varios lugares: <https://www.elcomercio.es/economia/enagas-promovera-nuevo-parque-eolico-hidrogeno-musel-20210424002027-ntvo.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elcomercio.es%2Feconomia%2Fenagas-promovera-nuevo-parque-eolico-hidrogeno-musel-20210424002027-ntvo.html> Presentación de Enagás sobre el proyecto Green Crane https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/anton_martinez_-_enemadrid_2020.pdf

Conclusiones

A día de hoy, menos del 1% de la producción mundial de H₂ es de origen renovable. De acuerdo con datos oficiales, el 99% de las 130 millones de toneladas de hidrógeno que se producen anualmente para procesos industriales se consigue utilizando procesos de gasificación de carbón, lignito o gas natural. Por tanto, la realidad del hidrógeno a día de hoy dista mucho de los objetivos planteados para el hidrógeno verde.

Las grandes empresas energéticas y lobbies fósiles están generando una narrativa para que el hidrógeno tenga un papel central en la descarbonización y que sea el hidrógeno azul el que se desarrolle a gran escala por las limitaciones que presenta el hidrógeno verde. Esta narrativa debe permitirles tener un rol central en la transición energética y que puedan beneficiarse de los fondos de recuperación y resiliencia europeos, Next Generation EU. Iberdrola, Endesa y Naturgy han solicitado casi el total de subvenciones otorgadas al Estado español para llevar a cabo su transición energética, proponiendo una parte significativa de las infraestructuras necesarias para cumplir con los objetivos marcados por la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable para 2030.

Abordar el papel del hidrógeno verde en la transición energética no puede desligarse del adecuado diseño de un mix energético en consonancia con los límites planetarios. Este modelo deberá considerar como pilares básicos, así según el Horizonte Energético a 2050, la eficiencia, el ahorro y la bajada de consumo, reduciendo las necesidades energéticas y adaptándolas a la futura disponibilidad que será notablemente más baja que la actual, con una potencia disponible cuantitativa y cualitativamente menor. Nuestro modelo deberá estar basado en energías limpias reduciendo al máximo su impacto en la extracción de recursos materiales, en la ocupación del territorio, el impacto sobre los ecosistemas y en la generación de residuos.

Por otro lado, el gran olvido en la transición energética es la necesidad de ordenar los usos y las tecnologías mediante una adecuada planificación. Ésta es una de las cuestiones fundamentales para alcanzar una correcta descarbonización. Debemos empezar a aplicar un principio de jerarquía de usos de forma que quede claro hacia dónde dirigir cada uno de estos sectores. Tenemos que hacer los cálculos para ver qué cantidad de energía tenemos disponible y sobre qué tecnologías, adecuando esta cantidad y distribuyéndola desde los usos prioritarios, como por ejemplo la alimentación, la fabricación de determinados bienes, o los debidos esfuerzos en la adaptación al cambio climático. Como lo es dar un papel realista al hidrógeno, ya que si bien podría ayudar a descarbonizar sectores con complejidades o sustituir la demanda de hidrógeno fósil esta tecnología no está exenta de impactos. Las potencias renovables adicionales requeridas, los materiales empleados, o la apuesta por las grandes infraestructuras podrían provocar importantes impactos en los ecosistemas y en la sociedad, como ya sucede en la extracción de muchos de los minerales necesarios.

El hidrógeno es el elemento que marcará las relaciones internacionales en la transición energética a nivel global, ya que debe permitir la descarbonización de la economía siguiendo con el mantra del crecimiento. Los países y regiones del Norte Global son los que tendrán mayor poder de influencia porque son los que están planificando su desarrollo a través de las estrategias y hojas de ruta del hidrógeno. En el caso de Europa, ha identificado el norte de África y el centro y sur del continente africano como regiones clave para la importación de este vector energético.

Actualmente no existe un mercado regional ni global del hidrógeno, pero están empezando a colocarse las primeras piezas, como son la creación de partidas específicas de los planes de Re-

cuperación, Transformación y Resiliencia nacionales y la aprobación de programas bajo el marco Green Deal. Actores del mundo financiero, como Goldman Sachs, están empezando a elaborar informes con estimaciones de mercados del hidrógeno en diferentes regiones del planeta. No hay que olvidar que existe un conflicto de intereses, ya que estos actores acostumbran a ser propietarios de las grandes empresas que promocionan el desarrollo de este vector energético. Los Bonos Verdes son el instrumento financiero con el que podrán financiarse los proyectos de hidrógeno de bajas emisiones, verde y azul, para diferenciarse de los proyectos de combustibles fósiles, aunque los criterios son diferentes según el organismo y/o región donde se apliquen.

El libre mercado no es el único espacio donde podrán establecerse relaciones comerciales relacionadas con el hidrógeno. Actualmente países de diferentes regiones del planeta están estableciendo contratos bilaterales. Las estrategias y motivos son diversos, ya que hay países exportadores que buscan apoyo para desarrollar su infraestructura, mientras que otros quieren mantener su rol en el futuro mercado energético. En el caso de los importadores, la intención es diversificar las cadenas de suministro, sin importar el tipo de hidrógeno, o consolidar relaciones ya existentes.

El Gobierno identifica la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable como una oportunidad para disminuir la dependencia energética nacional y del entorno europeo, lo que recuerda al discurso que se utilizó hace una década para la promoción del gas fósil. La participación de Enagás en diferentes consorcios y plataformas a nivel europeo ha hecho que se plantee la reconversión de algunas infraestructuras gasistas del territorio estatal y la resurrección de una polémica interconexión con Francia, el proyecto MidCat/STEP, para crear un mercado interno del hidrógeno. El Estado español sería un país de tránsito, como ya lo fue con el gas, y/o de generación para transportar el hidrógeno hacia los países del centro de Europa, que serían los principales beneficiarios de este mercado.

En definitiva, el hidrógeno debe plantearse en un escenario de transición hacia un modelo basado en la soberanía energética, en el que los individuos conscientes, las comunidades y los pueblos tomen sus propias decisiones respecto a la generación, distribución y consumo de energía, de modo que estas sean apropiadas a sus circunstancias ecológicas, sociales, económicas y culturales, sin afectar negativamente a terceros.

