

# EL HIDRÓGENO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO: OPORTUNIDADES TECNO-INDUSTRIALES Y MEDIOAMBIENTALES

**MACARENA LARREA BASTERRA**

**JORGE FERNÁNDEZ GÓMEZ**

**JAIME MENÉNDEZ SÁNCHEZ**

Orkestra-Fundación Deusto y Deusto Business

School-Universidad de Deusto

Según la IEA (2019) el hidrógeno ( $H_2$ ) se está posicionando como uno de los pilares que permitirán alcanzar un futuro energético descarbonizado, seguro y asequible en el medio y largo plazo. Para ello, será fundamental producir hidrógeno de forma sostenible, lo que implica, con la tecnología actual, utilizar electrolisis a partir de energías renovables (hidrógeno «verde») o aplicar la técnica de reformado de metano con almacenamiento del  $CO_2$  (hidrógeno «azul») (IRENA, 2020) (1).

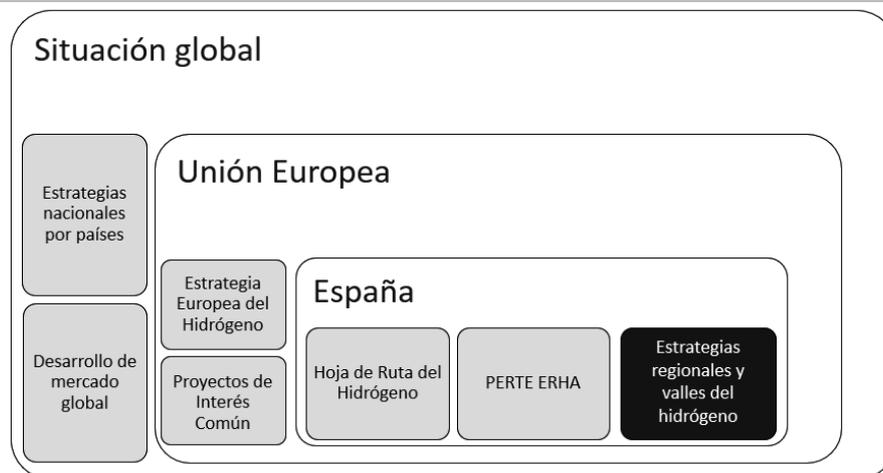
Además, será necesario desarrollar un mercado global de hidrógeno, lo que dependerá de la evolución de la oferta y la demanda de hidrógeno (determinada por la penetración del hidrógeno en nuevos usos, particularmente donde la electrificación del consumo energético sea muy costosa); el desarrollo de infraestructuras de transporte y almacenamiento; y la existencia de un marco regulatorio que acompañe las inversiones, la innovación y facilite su competitividad frente a otras fuentes de energía (Fernández Gómez *et al.*, 2021).

A estos factores cabe añadir la relevancia de la cooperación internacional para acelerar la adopción del hidrógeno (IEA, 2021a), a través de iniciativas como la Asociación Mundial para el Hidrógeno de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la Asociación Internacional para el Hidrógeno y las Pilas de Combustible en la Economía y el Programa para la Colaboración Tecnológica en materia de Hidrógeno y Pilas Avanzadas de Combustible.

Este número creciente de acuerdos entre países y también entre empresas, así como esquemas de colaboración público-privada, abre la puerta al desarrollo de *hubs* o valles del hidrógeno en el ámbito local y regional, que desempeñarán un papel relevante en crecimiento de la industria de hidrógeno europea y global (Figura 1).

Este artículo explora cuál puede ser el papel que desempeñe, en el futuro, este vector energético en las economías regionales, especialmente en aquellas con una presencia industrial relevante, como es el caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV). La respuesta es doble: por un lado, puede ser una vía para la descarbonización de sectores industriales y otras actividades dependientes de los combustibles fósiles; y, por otro, puede actuar como impulsor de actividad económica y de innovación de empresas de las cadenas de valor presentes en el territorio (EVE y Gobierno Vasco, 2021), representando así una gran oportunidad de desarrollo industrial. Además, se analizan las oportunidades y los re-

FIGURA 1  
FOCO DEL ANÁLISIS



Fuente: Elaboración propia

tos asociados al desarrollo del sector del hidrógeno en la CAPV.

## CONTEXTO ACTUAL

### Situación global

En 2020, la demanda mundial de hidrógeno ascendió a 90 Mt (frente a 60 en 2000), principalmente para aplicaciones industriales en la producción de amoníaco y metanol y el refinado de petróleo (consumidor del 44%). El 79% de dicha demanda se cubrió con combustibles fósiles, lo que supuso alrededor de 900 Mt de CO<sub>2</sub> (IEA, 2021a). El resto fue subproducto de otros procesos industriales, principalmente en refinerías.

Además del sector químico y de refinado, el hidrógeno se utiliza (aún a pequeña escala) en el transporte pesado por carretera y en autobuses. A más largo plazo, se prevé que el hidrógeno sea relevante en la producción de acero y el transporte aéreo y marítimo (World Energy Council, 2021).

En la actualidad, están en marcha 16 proyectos de producción de hidrógeno azul, a partir de combustibles fósiles con CCUS, en países como Canadá, Estados Unidos, el Reino Unido y los Países Bajos (IEA, 2021a), con una producción de 0,7 Mt anuales. Otros 50 proyectos están en desarrollo en diversos países y aumentarían la producción anual a más de 9 Mt en 2030.

La capacidad mundial de producción de hidrógeno verde con electrolizadores, se ha duplicado en los últimos cinco años, alcanzando más de 300 MW en 2021. Hay unos 350 proyectos actualmente en desarrollo y otros 40 en sus primeras fases. Con todos ellos se lograría una producción de 8 Mt en 2030,

lejos del objetivo de 80 Mt para alcanzar el objetivo de emisiones netas de CO<sub>2</sub> para 2050.

Europa lidera el despliegue de electrolizadores, con el 40% de la capacidad total instalada, y lo mantendrá en el corto plazo, gracias a su estrategia de hidrógeno (European Commission, 2020) y a la del Reino Unido (HM Government, 2021). Australia, por su parte, prevé alcanzar a Europa (World Energy Council, 2021) y junto con América Latina y Oriente Medio desplegarán capacidad fundamentalmente para la exportación de hidrógeno. China y Estados Unidos (Hydrogen Earthshot (2)) están también posicionándose en esta industria.

Actualmente, no existe ningún mercado mayorista de hidrógeno en el mundo, negociándose este producto directamente entre productores-suministradores y consumidores industriales, mediante contratos de medio plazo y situándose las instalaciones de producción cerca de los puntos de consumo.

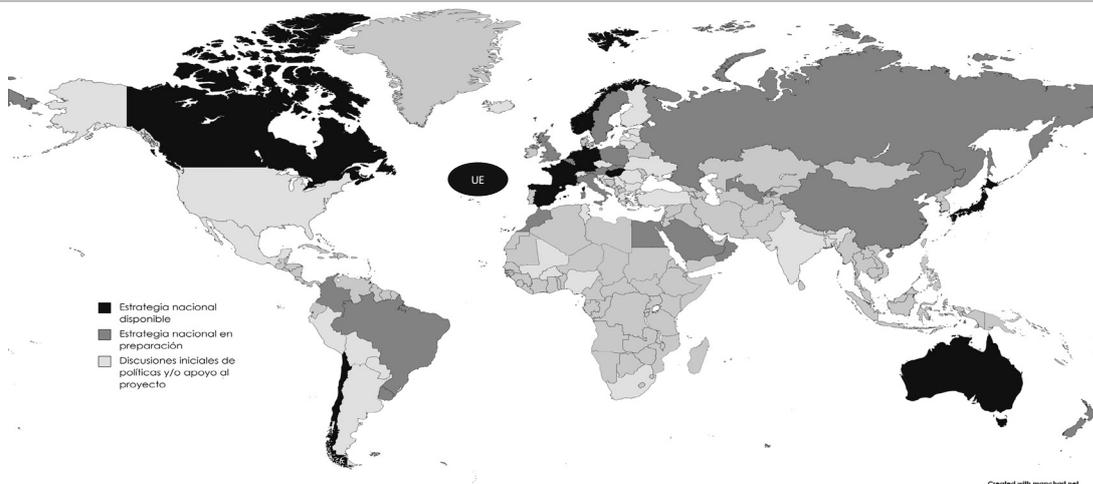
Si bien en 2019 solo Francia, Japón y Corea contaban con estrategias de hidrógeno, en 2021, 17 Gobiernos habían publicado las suyas y otros 20 estaban trabajando en ello (IEA, 2021a) (Mapa 1).

### Situación en la UE

En 2020, en la Unión Europea (UE) se produjeron cerca de 7 Mt de H<sub>2</sub>. El refinado (3,7 Mt H<sub>2</sub>) y el sector químico (3,0 Mt H<sub>2</sub>) fueron sus principales consumidores. Dos tercios se produjeron con gas natural y el resto como subproducto de refinerías y petroquímica (IEA, 2021a).

El interés por el hidrógeno ha crecido de manera exponencial desde que, en julio de 2020, se publicara la Estrategia de Hidrógeno (European Commission, 2020) y se creara en noviembre de 2020 la Euro-

MAPA 1  
DESARROLLO DE ESTRATEGIAS NACIONALES DE HIDRÓGENO



Fuente: World Energy Council (2021).

pean Clean Hydrogen Alliance (3), que reúne a la industria, las autoridades nacionales y locales, la sociedad civil y a multitud de otras partes interesadas.

La estrategia europea hace énfasis en el uso del H<sub>2</sub> en la industria y el transporte pesado, así como en la integración de las energías renovables. Esta estrategia consta de tres fases, en función de la potencia total de los electrolizadores instalados. En la primera fase (2020-2024) se alcanzaría una capacidad de 6 GW de electrolizadores, con una producción de hidrógeno verde de 1 Mt y el desarrollo de soluciones de captura de CO<sub>2</sub> en instalaciones existentes (4).

En la segunda fase (2025-2030) se plantea la integración del hidrógeno en el sistema energético con al menos 40 GW de electrolizadores alimentados con electricidad renovable y una producción de hasta 10 Mt. En la tercera fase (2031-2050) hasta un 25% de la generación eléctrica renovable se emplearía en la producción de hidrógeno y las tecnologías de captura y uso de carbono facilitarían el desarrollo de combustibles sintéticos y biogás con cero emisiones netas.

En diciembre de 2020, la Comisión Europea adoptó una propuesta para revisar la normativa sobre redes transeuropeas de energía, incluyendo infraestructuras de hidrógeno como Proyectos de Interés Común. La propuesta abarca tanto los activos nuevos como los reutilizados para el transporte de hidrógeno y proyectos de electrolizadores a gran escala. La iniciativa European Hydrogen Backbone (EHB), impulsada por 29 operadores de infraestructuras de gas natural en la UE, pretende desarrollar en el horizonte 2040 una red europea de transporte del hidrógeno, a partir de la adaptación de la red de gas natural y de nuevas instalaciones dedicadas (Gas For Climate, 2022).

El «paquete Fit for 55», de julio de 2021, incluyó igualmente referencias al hidrógeno verde en la modifi-

cación de la Directiva de Renovables, en la iniciativa RefuelEU Aviation y en el Reglamento de desarrollo de infraestructura de energías alternativas.

En los últimos años han venido desarrollándose en la UE los primeros «valles del hidrógeno», ecosistemas de hidrógeno a escala local para afrontar la descarbonización y garantizar el desarrollo económico regional. En 2017 se creó una «asociación europea de valles del hidrógeno» (Weichenhain *et al.*, 2021).

Un valle del hidrógeno es un paso previo al despliegue del H<sub>2</sub> a lo largo de toda la cadena de valor (producción, transporte y almacenamiento, así como consumo final) (Asensio, 2021). Esto supondrá conectar los valles mediante «corredores de hidrógeno», lo que requiere recursos financieros públicos y privados y respaldo político, empresarial y social.

De acuerdo con Weichenhain *et al.* (2021), los actuales valles del hidrógeno giran alrededor de: 1) proyectos locales de reducida escala centrados en la movilidad, 2) proyectos locales de mediana escala centrados en la industria, y 3) proyectos a gran escala centrados en la exportación de hidrógeno.

### Situación en España

En España se consumen alrededor de 0,5 Mt/año de hidrógeno (el 7,1% de la UE y el 0,55% del total mundial), mayoritariamente gris (Gobierno de España, 2020). Es utilizado como materia prima en refinerías (70% del total) y en la industria química (25%). En muchos casos, la producción se realiza directamente en la propia planta de consumo. El consumo residual restante tiene lugar en sectores como el metalúrgico.

En octubre de 2020, se publicó la Hoja de ruta del hidrógeno (renovable) para España (Gobierno de

**FIGURA 2**  
**LÍNEAS DE ACTUACIÓN EN MATERIA DE HIDRÓGENO EN EL ERHA**

LÍNEA 1: CADENA DE VALOR INDUSTRIAL INNOVADORA Y DE CONOCIMIENTO EN HIDRÓGENO RENOVABLE	11. Investigación básica-fundamental, pilotos innovadores y formación en tecnologías clave	FASE I
	12. Mejora de capacidades de I+D+i, instalaciones y fabricación de equipos y componentes	FASE II
	13. Movilidad pesada a hidrógeno	FASE II
	14. Grandes demostradores de electrolisis	FASE III
LÍNEA 2: CLÚSTERES O VALLES DE HIDRÓGENO RENOVABLE PARA LA INTEGRACIÓN SECTORIAL A GRAN ESCALA	15. Impulso de clústeres o valles de hidrógeno renovable	FASE III
	16. Proyectos pioneros de hidrógeno renovable	FASE III
LÍNEA 3: PROYECTOS SINGULARES PIONEROS	17. Apoyo a la integración de la cadena de valor nacional en la cadena de valor comunitaria (IPCEI)	FASE III
LÍNEA 4: IPCEIS DE HIDRÓGENO RENOVABLE		

Fuente: Gobierno de España (2021).

España, 2020). En diciembre de 2021, el Gobierno español lanzó las convocatorias de proyectos estratégicos para la recuperación y la transformación económica (PERTE) relativos a energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento (ERHA), con cuatro líneas de trabajo específicas para el hidrógeno (Figura 2) (Gobierno de España, 2021).

El objetivo del PERTE es *posicionar España como referente tecnológico en la producción y aprovechamiento del hidrógeno renovable [...] a través del impulso de la cadena de valor del hidrógeno y su integración en los distintos procesos productivos* (Gobierno de España, 2021).

Así, el hidrógeno verde es considerado una vía fundamental para alcanzar el objetivo de renovables del país y se prevé el desarrollo de un *hub* de hidrógeno español relevante en el contexto europeo (KPMG Tendencias, 2022). En el área del hidrógeno renovable, España cuenta con empresas, generalmente pymes, en todos los eslabones de la cadena de valor (Figura 3).

Los centros de elevado consumo de hidrógeno, que coinciden con entornos industriales de elevado consumo energético, permitirán aprovechar las economías de escala en la construcción de electrolizadores y la adaptación de los procesos industriales (Gobierno de España, 2021).

### EXPANSIÓN DEL HIDRÓGENO EN LA CAPV ↓

En el País Vasco, se producen anualmente alrededor de 50.000 toneladas de hidrógeno (el 10% de la producción anual de España). La mayor parte se asocia a la industria petroquímica, con un modelo de producción en la propia planta, a partir de gas natural. Una pequeña parte se produce en la industria elec-

troquímica y se comercializa mediante empresas de gases industriales (EVE y Gobierno Vasco, 2021). La demanda procede principalmente de agentes que producen su propio hidrógeno, más una pequeña fracción de consumo en industrias como el vidrio, la siderurgia, la alimentaria o la química.

Actualmente, en la CAPV no existen infraestructuras logísticas (de almacenamiento, transporte o distribución) relevantes, más allá de la mínima estructura para su distribución como gas industrial, ya que el principal consumidor (Petronor) lo produce *in situ*.

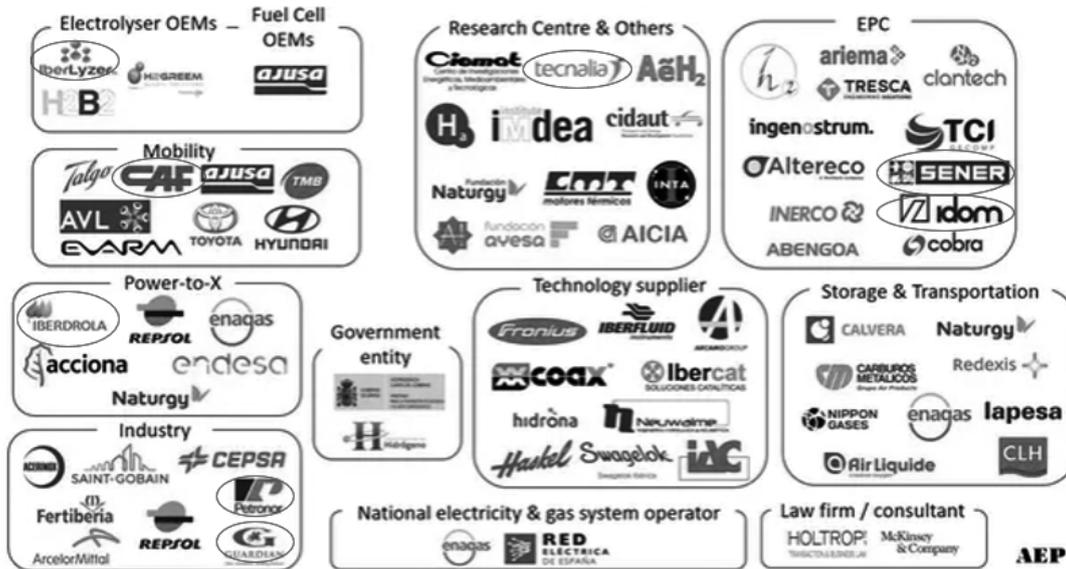
### Estrategia Vasca del Hidrógeno ↓

En 2021 se presentó la Estrategia Vasca del Hidrógeno (EVH), que tiene como objetivo facilitar la creación de un ecosistema basado en la producción de hidrógeno renovable y en unas infraestructuras de almacenamiento, transporte y distribución que soporten el mercado local y permitan establecer un centro logístico con relevancia en el mercado internacional.

Esta estrategia enlaza con la Estrategia Energética de Euskadi a 2030 (3E2030), la Estrategia de Especialización Inteligente (RIS3), la Estrategia Energibasque, de desarrollo tecnológico en energía, o el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación (PCTI) (EVE y Gobierno Vasco, 2021). La EVH permitirá contribuir, desde el ámbito de la CAPV, a los objetivos de la Hoja de Ruta del Hidrógeno y el PERTE ERHA de España, antes señalados, al tiempo que busca alinearse con las directrices y el contexto internacionales.

La primera fase de despliegue de la EVH, hasta 2030, permitirá sentar las bases del sector del hidrógeno vasco, desarrollando potencia de electrolisis de hasta 300 MW, fomentando la producción de hidrógeno renovable y la producción anual de 2.000 toneladas de com-

FIGURA 3  
ECOSISTEMA DEL HIDRÓGENO EN ESPAÑA



Fuente: Gobierno de España (2021).

bustibles sintéticos. La segunda (hasta 2050) contempla el despliegue del hidrógeno verde como fuente de energía.

Se plantea como objetivos que el 5% del consumo energético industrial sea hidrógeno y que el 90% de este sea renovable o con bajas emisiones. En edificios, se deben realizar 10 proyectos piloto de uso de hidrógeno y en el transporte se busca alcanzar una flota de 20 autobuses y 450 vehículos de transporte de mercancías con hidrógeno y una red de 10 hidrogeneras públicas en 2030 (EVE y Gobierno Vasco, 2021).

El Plan de Acción de la EVH propone 58 líneas de actuación estructuradas en seis ejes (Tabla 1).

El impacto esperado de la EVH se traduciría en una producción de alrededor de 100.000 toneladas de hidrógeno verde o bajo en carbono en 2030, lo que supondría reducir entre 210.000 tep y 290.000 tep la energía primaria de origen no renovable (fundamentalmente de gas natural, electricidad, y combustibles de transporte). Esto a su vez permitiría reducir las emisiones de GEI de la CAPV entre 590.000 t y 790.000 t de CO<sub>2</sub> eq.

La descarbonización del transporte y de la industria constituye el eje fundamental del desarrollo del hidrógeno en la CAPV (ver el siguiente apartado), lo que se justifica por la estructura económica de la CAPV y la evolución de su mix energético.

La economía del País Vasco se caracteriza por su elevado nivel de consumo energético, en parte debido a la relevancia del sector industrial intensivo en energía y a la evolución del consumo en el transporte (principalmente, de combustibles de origen fósil) (Gráfico 1). En la actualidad, dos tercios del consumo final energético

corresponde a hidrocarburos. El 93% del crudo y sus derivados se consume en el sector transporte (carretera, navegación aérea y marítima). El gas natural, por otro lado, se emplea en el sector terciario (residencial y servicios, 35%) y en el sector industrial (65%).

El empleo de hidrógeno constituiría una nueva etapa en la evolución del sector industrial, que ya a finales del pasado siglo vivió una primera transición energética con la sustitución del carbón y de una parte de los derivados del petróleo por gas natural y electricidad, además de incrementar su nivel de eficiencia energética (Gráfico 2) (Álvarez Pelegrín *et al.*, 2013).

### El desarrollo del hidrógeno en la CAPV

Como se ha comentado en la introducción, existen dos posibilidades diferentes, pero íntimamente ligadas, por las que la CAPV puede beneficiarse del desarrollo del hidrógeno verde. En primer lugar, se trata de una fuente de energía alternativa para determinados sectores que, en la actualidad, se enfrentan a dificultades para descarbonizar sus procesos productivos (transporte e industria), por falta de alternativas viables más allá de la electrificación en algunos usos.

En la industria vasca, sectores como la siderurgia o el cemento son claros candidatos para utilizar hidrógeno a gran escala, por la dificultad de electrificar los procesos asociados al uso de calor (5). La producción de estos materiales y su uso en industrias como la automovilística o la construcción pueden contribuir a reducir la huella de carbono de la economía vasca. Esto implica, además, el aprovechamiento a gran escala de las cadenas de valor que pueden integrarse entre sí (6).

**TABLA 1**  
**PRINCIPALES CONTENIDOS DE LA ESTRATEGIA VASCA DEL HIDRÓGENO**

Eje de actuación	Principales actuaciones	Inversiones estimadas para lograr el despliegue a 2030 (M€)
<b>Eje 1: Producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrolisis</li> <li>- Innovación a partir de residuos o biogás</li> <li>- Adaptación de plantas existentes con CCUS</li> <li>- Descentralización</li> <li>- Uso para producción de combustibles sintéticos y biocombustibles</li> </ul>	350-630
<b>Eje 2: Almacenamiento, transporte y distribución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infraestructuras logísticas estratégicas</li> <li>- Carriers o portadores de H<sub>2</sub></li> </ul>	250-350
<b>Eje 3: Usos finales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria</li> <li>- Edificios</li> <li>- Transporte y movilidad</li> <li>- Papel ejemplarizante de la Administración (transversal)</li> </ul>	170-250
<b>Eje 4: Desarrollo industrial y tecnológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de ruta</li> <li>- I+D+i local e internacional</li> <li>- Especialización en la CAPV</li> <li>- Posicionamiento de las empresas vascas</li> </ul>	130-260
<b>Eje 5: Mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercado local con todos los agentes de la cadena de valor</li> <li>- Base de datos de producción y consumo</li> <li>- Sinergias con puertos marítimos</li> </ul>	10-20
<b>Eje 6: Marco regulatorio y aspectos transversales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estándares de sostenibilidad armonizados y garantías de origen</li> <li>- Procedimientos administrativos simplificados, regulación específica y eliminación de barreras</li> <li>- Regulatory sandboxes</li> <li>- Cualificaciones profesionales y formativas</li> <li>- Participación en un IPCEI y otros</li> <li>- Listado Vasco de Tecnologías Limpias</li> <li>- Campañas informativas</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia a partir de EVE y Gobierno Vasco (2021).

Así, las actividades de I+D que desarrolla ArcelorMittal para la descarbonización de sus acerías pueden aprovecharse en la CAPV y otras regiones españolas. La reducción directa del mineral de hierro (DRI) con hidrógeno verde en Gijón (Asturias), para el posterior suministro a los arcos eléctricos de la planta de Sestao (Bizkaia), permitirá la descarbonización completa de la planta vasca en 2025 y de su cadena de valor, beneficiando a su vez a otras industrias, como la automovilística y la construcción. Asimismo, la colaboración entre agentes y cadenas de valor puede abrir espacio para nuevos proyectos (véase más adelante la *startup* H2SITE o el acuerdo entre H<sub>2</sub> Green Steel e Iberdrola).

La cooperación entre agentes y sectores, por ejemplo, a través de los clústeres industriales, plantea una oportunidad para el impulso del hidrógeno a gran escala. Esto se relaciona directamente con la segunda vía por la que la CAPV puede beneficiarse del desarrollo del hidrógeno: el impulsor de actividad económica y el desarrollo tecno-industrial.

La larga tradición en la CAPV en el desarrollo de tecnologías energéticas (i.e., hidrocarburos, energías renovables o redes eléctricas inteligentes) se está plasmando en una serie de iniciativas y proyectos en torno al hidrógeno que, en conjunto, contribuirán a la implementación de la Estrategia Vasca del Hidrógeno y a posicionar la industria vasca en el escenario energético europeo y global del hidrógeno renovable.

#### Iniciativas transversales

El desarrollo económico de la CAPV ha estado muy ligado en las dos últimas décadas al desarrollo de clústeres en distintos sectores, con especial relevan-

cia en los sectores industrial y transporte (Orkestra, 2021). Por ello, los clústeres vascos y las asociaciones que los impulsan desempeñarán un papel importante en el desarrollo del hidrógeno en la CAPV, como se ve en los siguientes ejemplos.

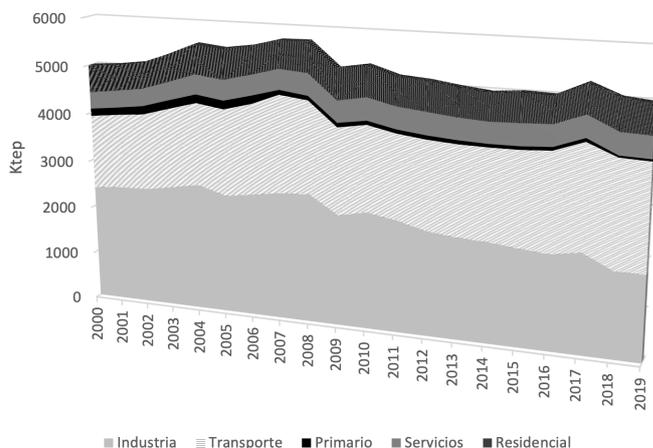
La iniciativa del Basque Net Zero Industrial Super Cluster (en adelante «super clúster»), liderada por Iberdrola y Petronor, agrupa representantes de 16 clústeres de la CAPV con el objetivo de reducir emisiones en cinco industrias (refino, siderurgia, fundición, cemento y pasta y papel), que en conjunto suman dos tercios de las emisiones totales de la industria vasca. Este super clúster fue lanzado por el Gobierno Vasco en la COP26 de Glasgow, en el marco del área de hidrógeno del programa del World Economic Forum (WEF) para la descarbonización industrial (Gobierno Vasco, 2021).

Otro ejemplo de colaboración entre los clústeres vascos es el Foro Sectorial del Hidrógeno, impulsado por el Clúster de Energía del País Vasco y coordinado por Petronor (Clúster de Energía, 2021). Constituye una plataforma industrial que agrupa a más de cien entidades del territorio. El Foro persigue la colaboración con otras asociaciones clúster de sectores implicados en el despliegue del hidrógeno (7) y se encuentra ligado a la iniciativa del Corredor Vasco del Hidrógeno, descrita a continuación (Clúster de la Energía, 2021).

#### El Corredor Vasco del Hidrógeno (BH<sub>2</sub>C)

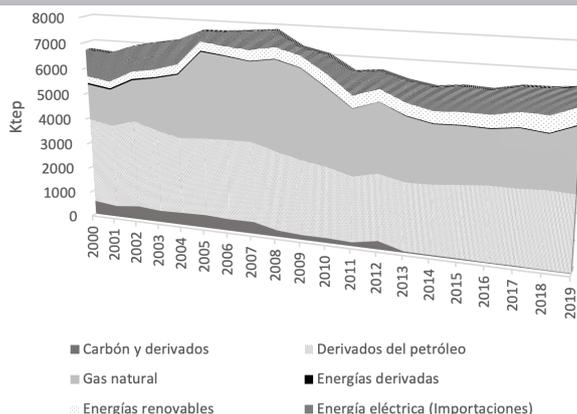
El Corredor Vasco del Hidrógeno, que según la categorización de los valles del hidrógeno de Weichenhain *et al.* (2021) se trata de un proyecto local de mediana escala centrado en la industria, nace con el objetivo de crear un ecosistema vasco del hidró-

**GRÁFICO 1**  
**EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO POR SECTOR**



Fuente: elaboración propia a partir de Eustat.

**GRÁFICO 2**  
**EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR FUENTE**



Fuente: elaboración propia a partir de Eustat.

geno que permita avanzar en la descarbonización de los sectores energético, industrial, residencial y transporte. Liderado por Petronor y Repsol, recibe apoyo de instituciones públicas, centros de investigación y formación, asociaciones empresariales y empresas (Figura 4).

El proyecto implica una inversión de más de 1.400 M€ hasta 2026 y más de 1.500 M€ entre 2026 y 2030, que pueden generar más de 1.340 puestos de trabajo directos y 6.700 indirectos. Se espera una producción de 20.000 toneladas/año de hidrógeno renovable, que evitarían la emisión en ese período de 1,6 Mt de CO<sub>2</sub>/año, poniendo el foco durante estos primeros años en el desarrollo de la producción de hidrógeno renovable, de las infraestructuras y las aplicaciones necesarias para el despliegue del Corredor (BH<sub>2</sub>C, 2021a).

El BH<sub>2</sub>C agrupa unos 40 proyectos en torno a seis grandes áreas (8): producción de H<sub>2</sub> renovable y

combustibles sintéticos, desarrollo de infraestructuras, desarrollo tecnológico e industrial, descarbonización de los usos finales de la energía, movilidad y logística y un grupo de iniciativas motoras.

En el marco de las iniciativas motoras, se plantea la necesidad de crear un fondo para el desarrollo del valle del H<sub>2</sub>, un instrumento financiero que permita a las empresas acceder a los fondos para abordar las inversiones necesarias. Los proyectos asociados al Corredor pueden buscar fondos europeos para los proyectos estratégicos relacionados con el hidrógeno en el marco del PERTE ERHA.

El BH<sub>2</sub>C está vinculado al consorcio SHYNE (Spanish Hydrogen Network), que engloba proyectos por hasta 3.230 M€ de inversión, que busca conectar las grandes iniciativas regionales en torno al H<sub>2</sub>, el BH<sub>2</sub>C, el Valle del Hidrógeno de Cataluña y el Valle del Hidrógeno de la Región de Murcia.

FIGURA 4  
AGENTES INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DEL BH<sub>2</sub>C



Fuente: elaboración propia a partir de BH<sub>2</sub>C.

### Otros proyectos relevantes de agentes de la industria vasca

Además del BH<sub>2</sub>C y sus proyectos asociados, existen otras iniciativas impulsadas por diferentes agentes de la CAPV (inversores, miembros de la Red Vasca de Ciencia Tecnología e Innovación, promotores, agentes industriales, etc.), localizadas en la CAPV o fuera del territorio, algunas de las cuales se describen a continuación.

Nortegas está empujando el proyecto H<sub>2</sub>sarea de investigación para la inyección gradual de hidrógeno en la red de distribución de gas natural (hasta alcanzar el 100%). Este desarrollo garantizaría el papel de las infraestructuras de distribución del gas y consolidaría el rol del hidrógeno como vector energético para la descarbonización de la economía vasca. En el proyecto participan empresas como ABC Compresores, C.A.E. S.L. (FIDEGAS), H2Site, Erreka Fastening Solutions y Orkli, así como Tecnalia e Ikerlan.

Nortegas participa también en otros dos proyectos de I+D relevantes. El proyecto SINATRAH se centra en el desarrollo y explotación de sistemas avanzados en la distribución del hidrógeno, así como su uso eficiente en aplicaciones industriales sostenibles, en colaboración con Siemens Engines, Tecnalia y con la financiación del Gobierno Vasco (programa HAZI-TEK). El segundo, junto con Duro Felguera y Hunosa, busca desarrollar proyectos de hidrógeno verde en las cuencas mineras asturianas relacionados con la producción, almacenamiento, transporte, inyección de hidrógeno en la red de gas natural y su uso en movilidad.

White Summit Capital, Castleton Commodities International (CCI), SENER, Nortegas y Bizkaia Energía,

aprovechando la infraestructura de la central de ciclo combinado de Amorebieta-Boroa, van a construir una planta de hidrógeno verde, operativa en 2023, con 20 MW de capacidad y generación de 1.500 t/año, con una inversión de 300 M€. En el contexto de este proyecto, Nortegas planea construir un gran gasoducto dedicado a través de ocho municipios (más de 10 km) para transportar el hidrógeno producido hasta la estación de Enagas en Arrigorriaga, para su inyección en la red de gas natural.

El centro tecnológico Tecnalia trabaja en la fabricación de tres electrolizadores. Asimismo, participa en el proyecto Hydrogen In Gas GridS (HIGGS) relacionado con la inyección de hidrógeno en las redes de gas natural, coordinado por la Fundación Hidrógeno de Aragón y en el que participan entidades suizas, alemanas, belgas y españolas. Igualmente, Tecnalia lidera un consorcio financiado por el Gobierno Vasco (programa Elkartek) para la fabricación de componentes innovadores de tecnologías de generación de hidrógeno verde. En el proyecto H2BASQUE, centrado en la integración en procesos industriales de las diferentes tecnologías de generación de hidrógeno verde, participan, además de Tecnalia, Tubacex Innovación, Cidetec, CIC Energigune, la UPV/EHU, Tekniker, Petronor Innovación y el Clúster de Energía. Cabe mencionar también la creación de la startup H2SITE mediante la colaboración de Tecnalia con la Universidad de Eindhoven y Engie, que plantea la producción descentralizada de hidrógeno verde para servir a pymes en aplicaciones estacionarias de tipo industrial o energético.

El centro tecnológico CIC Energigune, que venía trabajando de manera sinérgica con la cadena de valor del hidrógeno en el área de almacenamiento de energía eléctrica y térmica, va a poner en mar-

cha un área de investigación sobre hidrógeno, para desarrollar aplicaciones en movilidad (transporte pesado) y en usos en la industria electrointensiva (hidrógeno verde como fórmula para almacenar energía renovable).

Vinculados a empresas vascas, pero con desarrollo en otros territorios, pueden señalarse algunos proyectos. Ingeteam e Iberdrola, por ejemplo, han constituido la compañía Iberlyzer para convertirla en fabricante de electrolizadores a gran escala y promover la cadena de valor de esta tecnología en España, a través del acuerdo firmado con el fabricante estadounidense de electrolizadores Cummins. El objetivo es que Iberlyzer inicie la operación en 2023 y suministre más de 200 MW de electrolizadores dicho año, con una inversión inicial cercana a los 100 M€ que generará empleo directo para 150 personas.

Por su parte, Ormazabal participa en la construcción de la planta de hidrógeno de Iberdrola, que dará servicio de repostaje de hidrógeno para los autobuses de Transportes Metropolitanos de Barcelona. Iberdrola ha anunciado también un proyecto con CAF para impulsar el uso de hidrógeno verde en el transporte ferroviario, utilizando su hidrogenera de Barcelona y el prototipo de vehículo desarrollado por CAF.

Iberdrola firmó un acuerdo con H<sub>2</sub> Green Steel, antes mencionado, para realizar una inversión de 2.300 M€ en una planta de hidrógeno verde de 1 GW para la producción de acero y con emplazamiento en la Península Ibérica. Asimismo, Iberdrola, en colaboración con Fertiberia, está impulsando en Puertollano un proyecto de fabricación de hidrógeno verde que contará con una instalación solar fotovoltaica de 100 MW, un sistema de baterías de ion-litio con una capacidad de almacenamiento de 20 MWh y un sistema de producción de hidrógeno mediante electrolisis de 20 MW (que funcionará con energía 100% renovable) (9). Se estima una inversión inicial de 150 M€, en el marco de una inversión total de 1.800 M€ que incluye otras tres fases entre 2023 y 2027, que solo se llevarán a cabo si se cuenta con el apoyo del Fondo Europeo de Recuperación. La materialización del plan completo supondría alcanzar 800 MW de capacidad de producción hidrógeno verde.

Otro ejemplo es el de Tekpolio, grupo inversor vasco vinculado al fabricante de vidrio Vidrala, que ha inyectado 8 M€ en la fábrica de electrolizadores que impulsa H2B2 (Sevilla).

## EL PAPEL ESPERADO DEL HIDRÓGENO EN EL FUTURO ▼

Como se ha comentado, la Estrategia Vasca del Hidrógeno plantea una evolución en dos fases (2021-2030 y 2031-2050). En la primera fase deberán materializarse las primeras experiencias de producción de hidrógeno renovable y se iniciará la producción de combustibles sintéticos utilizando hidrógeno y CO<sub>2</sub> capturado. El objetivo estratégico para 2030 es

la instalación de 300 MW de capacidad de electrolisis en la CAPV. Al final del periodo, se producirán anualmente más de 2.000 toneladas de combustibles sintéticos para su consumo en el transporte.

En 2050, el 100% de la producción de hidrógeno deberá ser certificable como renovable, y la producción de combustibles sintéticos (que podrán ser utilizados en todos los sectores, incluyendo el transporte marítimo y aéreo) permitirá la sustitución de los combustibles convencionales. Además, la producción de hidrógeno jugará un papel relevante en la valorización de diferentes tipos de residuos.

En el ámbito de la infraestructura logística (transporte, almacenamiento y distribución), en el periodo 2021-2030 se deberá planificar la construcción de una red que dé soporte al desarrollo de un ecosistema local de producción, comercialización y consumo de hidrógeno, materializándose las primeras infraestructuras de transporte dedicadas, asociadas a los principales centros de distribución y consumo de hidrógeno.

En 2050, se podrá recibir en teoría suministro de hidrógeno verde a precio razonable (10), para cualquier tipo de uso y en cualquier punto de la geografía vasca, ya que la red de gas natural se habrá transformado y solo transportará gases renovables. El Puerto de Bilbao será activo en la exportación de hidrógeno producido localmente y en el ámbito de su zona de influencia.

En cuanto a los usos finales, actualmente se contempla el hidrógeno como alternativa en aquellos casos en los que la electrificación no se ve factible. Los casos del transporte pesado por carretera (así como el aéreo y marítimo) y de determinadas industrias, especialmente, aquellas que utilizan vapor de media y alta temperatura son claros candidatos para emplear este vector energético. En el caso de la CAPV, dicho cambio supondría una sustitución de hasta el 59% de los hidrocarburos consumidos en la actualidad.

De manera más concreta, deberían sustituirse los derivados del petróleo en el transporte por carretera y el gas natural en el sector industrial. En el primer caso, se contempla fundamentalmente el transporte pesado por carretera y, en el segundo, aquellos sectores que emplean ampliamente gas natural, como son el sector del vidrio y el del papel (entre un 50 y 70% del consumo energético); en menor medida, la siderurgia y la fabricación de tubos (30-50%); y, finalmente, la química y el caucho (20-30%) (Díaz Mendoza *et al.*, 2016).

Para asegurar el éxito de esta estrategia, en los primeros años de la presente década deberán impulsarse y ponerse en marcha las primeras experiencias en el sector del transporte y, en torno a 2024, deberían circular por el territorio los primeros vehículos eléctricos con pila de combustible, principalmente autobuses. Para ese momento se habrá puesto en

marcha la primera estación de servicio de suministro de hidrógeno para movilidad abierta al público y, al terminar la década, se espera que estén operativas un mínimo de 10 estaciones, con presencia en los tres territorios históricos, que darán servicio a una flota a alrededor de 20 autobuses o autocares y 450 vehículos de transporte de mercancías de distintos tamaños.

En 2050, se espera que los vehículos de hidrógeno (para transporte pesado) estén ampliamente reconocidos y que los consumidores industriales, residenciales y de servicios den soporte a una demanda de hidrógeno para usos energéticos. En viviendas donde la electrificación de las necesidades térmicas mediante bomba de calor no sea viable y existan infraestructuras de distribución se podría llegar a consumir hidrógeno, bien con sistemas de cogeneración con pila de combustible, bien con caldera, en estado puro o en mezclas con otros gases renovables.

Para todo ello, será necesario el desarrollo de un mercado de hidrógeno que, como se ha comentado, por el momento no existe. En esta línea, es necesario que en el período 2021-2030 los proyectos de producción, distribución y consumo comiencen a desarrollarse en toda la UE, convirtiéndose en la base para fundamentar el crecimiento del mercado regional europeo. Al final de este periodo será deseable que existan varios productores de hidrógeno verde en la CAPV, propiciándose las condiciones para el establecimiento de un mercado más local que facilite la competencia y la constitución de un ecosistema vasco del hidrógeno dinámico, con presencia de todos los agentes.

En el horizonte 2050, debería existir un mercado maduro global de hidrógeno verde, dotado de liquidez y transparencia gracias a la presencia de un gran número de productores y la existencia de mercados regionales en distintas áreas del planeta (EVE y Gobierno Vasco, 2021). El avance en la creación de este mercado global podría contribuir de manera decisiva a desarrollar el potencial español de exportación de hidrógeno a nivel mundial que identifica IRENA (2022) para entonces. Sin embargo, será necesario el asentamiento y crecimiento de los proyectos clave de los agentes de la CAPV, tanto en el territorio autonómico (e.g., proyecto BH<sub>2</sub>C) como en otras Comunidades Autónomas (e.g., proyectos de Iberdrola con Cummins o Fertiberia); así como la coordinación y conexión efectiva entre las iniciativas en distintos lugares (e.g. consorcio SHYNE) y de estas con infraestructuras esenciales para habilitar este potencial exportador del Estado (e.g., a través de los puertos).

Para todo ello, el tejido industrial vasco y la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación deberán encontrar potenciales oportunidades en la cadena de valor del hidrógeno, y profundizar en las líneas de negocio y de investigación previamente determinadas. Aprovechar las oportunidades que abre el PERTE

ERHA es una parte fundamental para lograr el papel que se espera a futuro del H<sub>2</sub> verde en la descarbonización de la economía vasca.

## CONCLUSIONES: OPORTUNIDADES, BARRERAS Y RIESGOS LIGADOS AL DESARROLLO DE UNA CADENA DE VALOR DEL HIDRÓGENO ↓

En apartados anteriores se ha presentado el desarrollo del sector del hidrógeno como un pilar fundamental de las estrategias de recuperación económica en la UE, España y la CAPV que se definieron en 2020-2021 en el contexto de la crisis económica del coronavirus. El crecimiento de la industria del hidrógeno se enmarca en la estrategia de especialización europea en actividades sostenibles innovadoras y de alto valor añadido que está impulsando la UE en el marco del Pacto Verde Europeo.

A continuación, se identifican y analizan las principales oportunidades, barreras y riesgos a los que se enfrenta el reto de crear una cadena de valor del hidrógeno competitiva y sostenible.

### Oportunidades ↓

Las oportunidades ligadas al desarrollo del hidrógeno como vector energético relevante en los sistemas energéticos futuros pueden clasificarse en dos grupos: medioambientales y tecno-industriales.

Como se ha señalado anteriormente en relación con la CAPV, el hidrógeno contribuirá de manera significativa a la descarbonización de sectores, como la industria o el transporte, que se enfrentan a dificultades técnicas y económicas para eliminar las emisiones de GEI, debido a sus procesos productivos y a su dependencia de los combustibles fósiles convencionales.

En estos sectores existen nichos de actividad concretos que ofrecen oportunidades para desarrollar tecnologías de hidrógeno innovadoras, al no existir opciones energéticas alternativas maduras para avanzar en el proceso de descarbonización. De esta manera, en sectores industriales intensivos en energía y en los que se utiliza vapor de media y alta temperatura, como la siderurgia, el cemento y algunos subsectores químicos (p. ej., producción de amoníaco y fertilizantes); así como en el transporte pesado por carretera o la aviación, existe potencial para sustituir el gas natural y los derivados del petróleo y avanzar en la penetración del hidrógeno limpio. Para economías con un peso relevante de industrias consumidoras de combustibles de origen fósil o con emisiones elevadas de gases de efecto invernadero, como la vasca, el hidrógeno ofrece, por tanto, una vía para avanzar en la ruta hacia las cero emisiones netas.

La segunda gran área de oportunidad está asociada con el desarrollo tecnológico e industrial que supondrá el sector del hidrógeno, impulsando ca-

denas de valor industriales innovadoras y materializando sinergias intersectoriales, como muestran las iniciativas de las asociaciones clúster o los proyectos de colaboración señalados para la CAPV. En una economía como la vasca, con amplias capacidades y conocimiento en áreas como las energías renovables, las redes energéticas, el sector del *oil & gas*, el almacenamiento de energía, la industria 4.0, o en determinados segmentos del sector de la movilidad, el impulso a una industria del hidrógeno y su aplicación en sectores industriales concretos facilitará el desarrollo de *know-how* en torno a nuevas soluciones energéticas de alto valor añadido y un tejido empresarial e industrial altamente especializado.

En el caso de la economía vasca, el hidrógeno, por tanto, representa una gran oportunidad para reorientar los recursos (de conocimiento y capacidades de las personas, tecnológicos y de infraestructuras) hacia mercados emergentes y con gran recorrido (la transición energética se desarrollará durante las próximas tres décadas a escala global) en el marco de una estrategia de especialización inteligente (RIS3), que tiene en las energías limpias una de sus tres prioridades estratégicas. En términos de competitividad empresarial y territorial, el Corredor Vasco del Hidrógeno, entre otras iniciativas señaladas y planeadas en la CAPV, facilitará el reposicionamiento competitivo de empresas en sectores, como el sector del gas natural y el petróleo (p. ej., en actividades como el refinado), que se enfrentan a un futuro caracterizado por alta incertidumbre, debido a las crecientes restricciones medioambientales.

En el corto y medio plazo, además, un impulso decidido de las cadenas de valor relacionadas con el hidrógeno permitirá aprovechar las oportunidades que genera el apoyo de la UE y de los distintos Estados miembro a la creación y el desarrollo de clústeres o valles de hidrógeno renovable mediante la movilización de grandes volúmenes de fondos de financiación. En España, por ejemplo, el PERTE ERHA prevé el desembolso de más de 1.500 M€ de inversión pública y hasta 2.800 M€ de inversión privada (Gobierno de España, 2021). En esta línea, el desarrollo planteado para la CAPV puede ser muy relevante para ayudar a cubrir las expectativas que, respecto al potencial de España, se han manifestado desde la Cámara de Comercio Alemana para España y desde IRENA (IRENA, 2022).

### Barreras

Por otra parte, pese al optimismo que refleja el anuncio y despliegue de múltiples iniciativas en torno al hidrógeno, el desarrollo de cadenas de valor competitivas relacionadas con el hidrógeno se enfrenta a barreras de distinta índole que pueden limitar a medio y largo plazo su recorrido potencial.

Martén y Fernández (2022) identifican algunas de las potenciales restricciones al crecimiento de la industria del hidrógeno, que pueden clasificarse en eco-

nómicas, tecnológicas, medioambientales, regulatorias y de mercado.

En el plano económico, la principal barrera al desarrollo del sector del hidrógeno a gran escala es el coste de producción del hidrógeno descarbonizado (bien hidrógeno verde o hidrógeno azul). En la actualidad, casi la totalidad del hidrógeno que se utiliza en el mundo es hidrógeno gris, producido mediante el proceso de reformado de metano (60% del total, aproximadamente), o bien hidrógeno producido a partir de carbón (20% del total, aproximadamente), siendo el resto un subproducto de otros procesos industriales (IEA, 2021a). Si bien es cierto que la crisis de precios energéticos de 2021-2022 ha acercado el coste de producción del hidrógeno gris al de las alternativas verde y azul (por el incremento del precio del gas natural), a medio plazo continuará siendo más competitivo que el hidrógeno verde, a menos que caigan muy significativamente el coste de la electricidad renovable y el coste de inversión y producción asociado a las tecnologías de electrolisis.

Estimaciones recientes de analistas especializados (Lazard, 2021) sitúan el coste total de producción actual del hidrógeno verde en valores en el rango 3,45-6,70 \$/kg, en el caso de electrolisis PEM (con electrolito de membrana polimérica), y en el rango 3,20-5,85 \$/kg, en el caso de la electrolisis alcalina. Estos valores están muy alejados del ambicioso nivel de 1,8 €/kg (unos 2 \$/kg, al cambio actual) al que apunta la Unión Europea para 2030 (Euractiv, 2021) o al mencionado de 1 \$/kg en una década al que aspiran desde Estados Unidos.

Los aspectos tecnológicos son también muy significativos e influirán de manera decisiva en la velocidad y el alcance del despliegue del hidrógeno como vector energético relevante en el proceso de descarbonización en los próximos años. Todas las tecnologías utilizadas en los distintos eslabones de la cadena de valor del hidrógeno (desde su producción hasta el almacenamiento, el transporte y las tecnologías de uso final) deberán incrementar sensiblemente sus prestaciones y eficiencia. Así, no solo será relevante que las tecnologías de electrolisis, por ejemplo, contribuyan a reducir el coste de producción del hidrógeno de una manera más eficiente (11), sino que también resultará esencial reducir los costes de todos los procesos logísticos (almacenamiento y transporte) y de conversión (p. ej., para alimentar celdas de combustible) con el objeto de incrementar la competitividad del hidrógeno en los distintos (potenciales) usos finales, como el consumo de energía en el sector residencial o en el transporte con vehículos ligeros.

En el plano medioambiental, no debe desdeñarse el impacto que genera la producción de hidrógeno gris en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> y, especialmente, metano (Kurmayer, 2021). Debido a la falta de madurez de las tecnologías de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (IEA, 2021b), puede resul-

tar complicado a corto y medio plazo (en lo que no existan soluciones viables y competitivas de hidrógeno verde o azul) que el hidrógeno desplace a los combustibles fósiles convencionales, ya que las ganancias en términos de reducción de emisiones serían relativamente pequeñas. A esta circunstancia cabe añadir la demanda de agua pura derivada de la producción de hidrógeno en países con estrés hídrico, en los que se sitúa el 70% de la capacidad de electrolisis global actualmente proyectada, así como el posible impacto derivado de la necesidad de desalinización de agua marina para obtener este recurso (IRENA, 2022).

Además, debe señalarse la importancia de desarrollar un marco normativo y regulatorio coherente y específico para el hidrógeno y facilitar el desarrollo de mercados de hidrógeno (inicialmente, probablemente en ámbitos locales o regionales) mediante un impulso de la oferta y la demanda, el desarrollo de infraestructuras clave y avances en la estandarización del producto hidrógeno (Fernández Gómez *et al.*, 2021). En ausencia de normas claras que permitan definir de forma diferenciada y clara el hidrógeno como producto energético y que faciliten la integración de los distintos sistemas energéticos (e.g., electricidad, gas natural, hidrógeno, etc.) será difícil atraer la inversión necesaria para impulsar de manera efectiva esta nueva industria.

## Retos y riesgos

En resumen, el éxito en el desarrollo del sector del hidrógeno y la materialización de las oportunidades señaladas anteriormente pasa, por tanto, por responder de manera efectiva a distintos factores de riesgo que representan amenazas para el crecimiento futuro de la industria del hidrógeno.

*Mantenimiento del esfuerzo inversor.* Aunque en el corto plazo se movillará capital que apoyará el desarrollo de los llamados valles de hidrógeno, los volúmenes requeridos de inversión en todas las áreas del sector energético serán ingentes en las próximas dos décadas. Existe el riesgo, por tanto, de que los fondos de capital se orienten hacia áreas y tecnologías más prometedoras o maduras en el ámbito de la transición energética, reduciendo el recorrido potencial del hidrógeno en la matriz energética global.

*Coherencia de la estrategia del hidrógeno en el ámbito de la descarbonización de la economía.* El esfuerzo inversor en actividades de I+D+i en torno al hidrógeno y otras tecnologías (e.g., captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>) y el desarrollo de infraestructuras clave en el medio plazo deberá complementarse con una estrategia clara de las autoridades políticas y regulatorias de apuesta por el hidrógeno (European Commission, 2022). Pese a la inercia favorable actual, como indica la IEA, el ritmo inversor es aún lento y los Gobiernos en todo el mundo deben acelerar de manera significativa la adopción de medidas de apoyo al hidrógeno para garantizar

su competitividad y su rol en las matrices energéticas del futuro (IEA, 2021a). En ausencia de este esfuerzo adicional y continuado, existe un riesgo de bloqueo o *lock-in* tecnológico (Barnes, 2021) que dificulte el despegue de la industria del hidrógeno.

*La carrera tecnológica en el ámbito de la transición energética.* Independientemente de los avances que puedan realizarse en la viabilidad técnica y económica de las tecnologías de hidrógeno descarbonizado (hidrógeno verde y azul), su penetración en la matriz energética del futuro dependerá crucialmente de los desarrollos en otras tecnologías y fuentes de energía, como las tecnologías eléctricas. El despliegue de generación renovable y la integración efectiva de la producción de hidrógeno con la red eléctrica pueden favorecer el desarrollo de este vector energético (particularmente el hidrógeno verde). Pero al mismo tiempo, innovaciones disruptivas en las baterías eléctricas, por ejemplo, podrían limitar la aplicación del hidrógeno en muchos usos finales, dificultando el crecimiento de esta industria.

*Orientación de la fiscalidad sobre energía y medio ambiente.* El cumplimiento de los ambiciosos objetivos de descarbonización de la Unión Europea, además, implicará la necesidad de reorientar los esquemas de fiscalidad energética y medioambiental para generar señales económicas adecuadas para los inversores y consumidores de energía. El nuevo esquema de fiscalidad será un factor decisivo para definir la posición relativa del hidrógeno frente a otras fuentes de energía en los próximos años.

*Velocidad de implementación del marco normativo y regulatorio del hidrógeno.* Otro aspecto especialmente relevante para el desarrollo del hidrógeno es el ritmo de implementación de un marco legislativo y normativo que facilite las inversiones, la creación de mercados locales de hidrógeno (Heather, 2021) y una integración efectiva del hidrógeno en el sistema energético. Un desarrollo lento de este marco normativo (los correspondientes a la electricidad y el gas natural se desarrollaron a lo largo de unos 20 años) dificultaría seriamente el desarrollo del sector del hidrógeno.

*Coordinación de estrategias y actividades a escala global.* El desarrollo de mercados globales de hidrógeno y de su despliegue a gran escala dependerá, en gran medida, de la coordinación de normativas y estándares, el desarrollo de una gobernanza global adecuada y de un nivel mínimo de cooperación entre países y regiones de todo el mundo (IRENA, 2022). El desarrollo de un sistema internacional armonizado del hidrógeno se prevé difícil, lo que podría poner en riesgo el liderazgo europeo en el futuro mercado global del hidrógeno (DENA/World Energy Council, 2022).

*Cadenas de suministro de materiales críticos.* Finalmente, un factor que está empezando a analizarse con más detalle en el ámbito del desarrollo de la industria del hidrógeno es hasta qué punto se enfrenta a riesgos logísticos y de suministro (como puede

ocurrir también con otras tecnologías energéticas emergentes, como las baterías electroquímicas) asociados a materias primas críticas escasas, como el iridio o el escandio, cuya producción se concentra, principalmente, en países como China, Sudáfrica o Rusia, y que son esenciales para el proceso de electrolisis basado en electrolitos de membrana polimérica (Kurmayer y Amelang, 2022).

## NOTAS ↓

- [1] Aunque hay una diversidad más amplia de tipos de hidrógeno (Medlock, 2021), los más habituales son el verde, el azul y el gris (reformado de gas natural sin captura, uso y almacenamiento del CO<sub>2</sub> emitido, CCUS). En este trabajo se considera que en el corto y medio plazo es probable que los tres tengan un cierto recorrido, si bien a largo plazo es probable un avance significativo en la producción y el uso de hidrógeno verde
- [2] El objetivo es reducir el coste del hidrógeno limpio hasta 1 \$/kg en una década (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2021).
- [3] Otras iniciativas destacadas son: 1) Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, para el desarrollo de pilas de combustible e hidrógeno; 2) Clean Hydrogen Partnership para reforzar e integrar la capacidad científica de la UE (Clean Hydrogen Partnership, 2021); 3) Hydrogen Europe Research, la comunidad investigadora; y 4) Hydrogen Europe, que congrega a 260 empresas de toda la cadena de valor del hidrógeno (Hydrogen Europe, 2021).
- [4] Los avances en el despliegue de la producción de hidrógeno con captura de CO<sub>2</sub> están siendo lentos. Actualmente, en la UE hay dos proyectos operativos: el de Shell en la refinería de Pernis (Países Bajos) y el de Air Liquide (Francia) (IEA, 2021a).
- [5] En Europa se están desarrollando diversos proyectos en esta línea. Por ejemplo, en Donawitz (Austria), Voestalpine está impulsando proyectos (e.g. Hyfor o el SuSteel) para la reducción del mineral del hierro y la producción de acero verde (Voestalpine, 2022). La iniciativa británica «Reducing Industrial Carbon Emissions» de la Universidad de Swansea busca desarrollar aplicaciones transversales del hidrógeno en la producción de cemento (Swansea University, 2021).
- [6] A modo de ejemplo, el proyecto sueco H2 Green Steel, principal iniciativa del European Green Hydrogen Acceleration Center (EGHAC) de EIT InnoEnergy.
- [7] ACICAE, ACLIMA, FLUIDEX, FMV, MAFEX, MLCITS, HEGAN y SIDEREX.
- [8] En el anexo se recogen unas tablas con los principales proyectos que se desarrollarán en el marco del Corredor. Algunos de estos proyectos están en marcha, como el promovido por Nordegas y Petronor para la construcción de una infraestructura dedicada para el transporte del hidrógeno desde la refinería, mediante un electrolizador de 2,5 MW, hasta el Parque Tecnológico de Ezkerraldea-Meatzaldea o la creación por Petronor de una fábrica de electrolizadores con Sener. Además, se pueden incluir nuevos proyectos, como el anunciado en enero de 2022 para crear una red de distribución

de hidrógeno verde en Álava para su empleo en el transporte pesado por carretera o en el ferrocarril.

- [9] El hidrógeno verde producido, previsto para marzo de 2022, será empleado en la fábrica de amoníaco de Fertiberia.
- [10] La Agencia Internacional de la Energía estima que el hidrógeno sin emisiones podría ser competitivo en 2030 en lugares con abundantes recursos renovables y por la reducción de los costes de la electrolisis entre otros.
- [11] En la actualidad, para producir unas 20.000 toneladas de hidrógeno verde se requiere 1 TWh de electricidad renovable (S&P Global Platts, 2020).

## REFERENCIAS ↓

- Álvarez Pelegry, E.; Larrea Basterra, M.; Díaz Mendoza, A.C.; Mosácula Atienza, C. (2013). *La transformación del sector energético vasco*. Orkestra. Recuperado de: La transformación del sector energético del País Vasco: Aspectos relativos a la competitividad - Orkestra Instituto Vasco de Competitividad (deusto.es)
- Asensio, C. (2021). *Valles de hidrógeno: El paisaje del futuro*. El Economista. (14/12/2021). Recuperado de: <https://www.economista.es/energia/noticias/11516648/12/21/Valles-de-hidrogeno-El-paisaje-del-futuro.html>
- Barnes, A. (2021). Regulation of hydrogen markets – are concerns about ‘lock-in’ effects valid? En *The Role of Hydrogen in the Energy Transition*, OIES Forum, 127, mayo, 26-31. Recuperado de: <https://www.oxfordenergy.org/publications/oxford-energy-forum-the-role-of-hydrogen-in-the-energy-transition-issue-127/>
- Clean Hydrogen Partnership. (2021). *About us*. Recuperado de: About Us (europa.eu)
- Clúster de Energía. (2021). *El Foro Sectorial del Hidrógeno se confirma como el punto de encuentro del País Vasco para el sector del hidrógeno con la participación de más de 150 representantes en su segunda sesión*. Recuperado de: <http://www.clusterenergia.com/tecnologia/foro-sectorial-hidrogeno-se-confirma-como-punto-encuentro-pais-vasco-para-sector-hidrogeno-con-participacion-mas-150>
- DENA/World Energy Council. (2022). *Global Harmonisation of Hydrogen Certification*. Recuperado de: [https://www.weltenergiemat.de/wp-content/uploads/2022/01/dena\\_WEC\\_Harmonisation-of-Hydrogen-Certification\\_digital\\_final.pdf](https://www.weltenergiemat.de/wp-content/uploads/2022/01/dena_WEC_Harmonisation-of-Hydrogen-Certification_digital_final.pdf)
- Ente Vasco de la Energía (EVE) y Gobierno Vasco. (2021). *Estrategia Vasca del Hidrógeno*. Recuperado de: [Estrategia Vasca del Hidrogeno.pdf \(eve.eus\)](https://www.eve.eus/estrategia-vasca-del-hidrogeno.pdf)
- Euractiv. (2021, 30 de noviembre). ‘Let’s reach for the stars’: EU aims for green hydrogen below €2/kg by 2030 [artículo en web]. [www.euractiv.com](https://www.euractiv.com/section/energy/news/lets-reach-for-the-stars-eu-aims-for-green-hydrogen-below-e2-kg-by-2030/). Recuperado de: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/lets-reach-for-the-stars-eu-aims-for-green-hydrogen-below-e2-kg-by-2030/>
- European Commission. (2020). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*. Recuperado de: [hydrogen\\_strategy.pdf \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/energy/electricity/hydrogen_strategy.pdf)
- European Commission. (2022). *Building a European Research Area for clean hydrogen – the role of EU research*

and innovation investments to deliver on the EU's Hydrogen Strategy. Commission Staff Working Document SWD (2022) 15 final, Brussels 20.1.2022. Recuperado de: [https://ec.europa.eu/info/files/commission-staff-working-document-building-european-research-area-clean-hydrogen\\_es](https://ec.europa.eu/info/files/commission-staff-working-document-building-european-research-area-clean-hydrogen_es)

Fernández Gómez, J.; Álvaro Hermana, R. y Menéndez Sánchez, J. (2021). *Perspectivas de desarrollo de un mercado global de hidrógeno. Implicaciones para la CAPV*. Cuadernos Orkestra 03/2021. Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad, San Sebastián. Recuperado de: <https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/210006-Perspectivas-desarrollo-mercado-global-hidr%C3%B3geno-COMPLETO.pdf>

Gas for Climate. (2022). *European Hydrogen Backbone initiative adds six new members and sets its agenda for 2022*. Recuperado de: <https://gasforclimate2050.eu/news-item/european-hydrogen-backbone-initiative-adds-six-new-members-and-sets-its-agenda-for-2022/>

Gobierno de España. (2020). *Hoja de Ruta del Hidrógeno. Una apuesta por el hidrógeno renovable*. Recuperado de: Hoja de Ruta del Hidrógeno: Una apuesta por el Hidrógeno Renovable (energia.gob.es)

Gobierno de España. (2021). *PERTE de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento – Documento Resumen*. Recuperado de: [https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/2021-12/PERTE\\_Energias%20renovables\\_RE\\_14122021.pdf](https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/2021-12/PERTE_Energias%20renovables_RE_14122021.pdf)

Gobierno Vasco. (2021). *La industria de Euskadi se compromete a alcanzar cero emisiones netas y se unirá en la COP26 de Glasgow a la Alianza Global WEF*. Recuperado de: <https://www.irekia.euskadi.eus/es/news/72753-euskadiko-industriak-zero-emisio-neto-lortzeko-konpromisoa-hartu-eta-glasgowko-cop26an-wef-aliantza-globala-rekin-bat-egingo>

Heather, P. (2021). How a traded hydrogen market might develop – lessons from the natural gas industry. En *The Role of Hydrogen in the Energy Transition*, OIES Forum, 127, mayo, 31-36. Recuperado de: <https://www.oxfordenergy.org/publications/oxford-energy-forum-the-role-of-hydrogen-in-the-energy-transition-issue-127/>

HM Government. (2021). *UK Hydrogen Strategy*. Recuperado de: UK Hydrogen Strategy (publishing.service.gov.uk)

Hydrogen Europe. (2021). *Home*. Recuperado de: Home - Hydrogen Europe

IEA. (2019). *The future of hydrogen*. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

IEA. (2021a). *Global Hydrogen Review 2021*. Recuperado de: Global Hydrogen REVIEW 2021 (windows.net)

IEA. (2021b). *CCUS in Industry and Transformation*. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/ccus-in-industry-and-transformation>

IRENA. (2020). *Green Hydrogen, A guide to policy making*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recuperado de: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA\\_Green\\_hydrogen\\_policy\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf)

IRENA. (2022). *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*. Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>

KPMG Tendencias. (2022). *El PERTE de energía: cifras y claves para el impulso a la transformación del sector*. Re-

cuperado de: El PERTE de energía: cifras y claves - KPMG Tendencias

Kurmayer, N. J. (2021). *Scientists warn against global warming effect of hydrogen leaks* [artículo]. [www.euractiv.com](http://www.euractiv.com). Recuperado de: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/scientists-warn-against-global-warming-effect-of-hydrogen-leaks/>

Kurmayer, N. J. y Amelang, S. (2022). *Metals needed for hydrogen production could get scarce, German authority warns* [artículo]. [www.euractiv.com](http://www.euractiv.com). Recuperado de: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/metals-needed-for-hydrogen-production-could-get-scarce-german-authority-warns/>

Lazard. (2021). *Lazard's Levelized Cost of Hydrogen Analysis. Version 2.0*. Recuperado de: <https://www.lazard.com/media/451895/lazards-levelized-cost-of-hydrogen-analysis-version-20-vf.pdf>

Martén, I. y Fernández, J. (2022). *El futuro del hidrógeno como vector energético y la sostenibilidad*. *Economistas*, 176, 77-83. ISSN 0212-4386. Recuperado de: <https://privado.cemad.es/revistas/online/Revistas/Economistas-Num-176-WEB.pdf/192>

Medlock, K. (2021). *A US perspective: the potential of hydrogen rests in its diversity*. The Oxford Institute for Energy Studies, Forum. May 2021: Issue 127. Recuperado de: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/05/OEF-127.pdf>

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2021). *Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office. Hydrogen Shot. Energy Earth Shots*. U.S. Department of Energy. Hydrogen. Overview. Recuperado de: Hydrogen Shot | Department of Energy

Orkestra. (2021). *Estrategia Territorial del País Vasco: aprendizajes y retos para las grandes transiciones*. Cuadernos Orkestra 12/2021. Recuperado de: <https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/210030-estrategia-territorial-pais-vasco.pdf>

S&P Global Platts. (2020, 3 de febrero). *Potential for electrolysis-based hydrogen small in medium term* [artículo en la web]. <https://www.spglobal.com/platts/es/market-insights/latest-news/coal/020320-potential-for-electrolysis-based-hydrogen-small-in-medium-term-platts-analytics>

Swansea University. (2021). *Green hydrogen research helps industry reduce carbon emissions*. Recuperado de: <https://www.swansea.ac.uk/press-office/news-events/news/2021/02/green-hydrogen-research-helps-industry-reduce-carbon-emissions.php>

Voestalpine. (2022). *Breakthrough technologies*. Recuperado de: <https://www.voestalpine.com/greentecsteel/en/breakthrough-technologies/>

Weichenhain, U.; Kaufmann, M.; Benz, A.; Matute Gomez, G. (2021). *Hydrogen Valleys. Insights into the emerging hydrogen economies around the world*. Luxembourg. ISBN: 978-92-9246-370-0 doi: 10.2843/133091. Recuperado de: <https://www.fch.europa.eu/publications/hydrogen-valleys-insights-emerging-hydrogen-economies-around-world>

World Energy Council. (2021). *Hydrogen on the horizon: Ready, almost set, go?* Working paper. National hydrogen strategies. Recuperado de: Working\_Paper\_-\_National\_Hydrogen\_Strategies\_-\_bSeptember\_2021.pdf (worldenergy.org)

**TABLA 2**  
**PRINCIPALES PROYECTOS PLANTEADOS EN EL MARCO DEL BH<sub>2</sub>C**

Tipos de proyectos	Ejemplos de proyectos	Principales empresas tractoras
Proyectos relacionados con la producción de H <sub>2</sub> renovable y de combustibles sintéticos	Producción de H <sub>2</sub> renovable por electrolisis, Planta demo de combustibles sintéticos – Efuels, Producción de H <sub>2</sub> renovable – Biogás, Estrategia de H <sub>2</sub> verde a partir de biogás de residuos municipales	Petronor, Diputación Foral de Guipúzcoa
Proyectos relacionados con las infraestructuras	Proyecto H <sub>2</sub> toES – Almacenamiento de H <sub>2</sub> en cavidades salinas, Comportamiento del H <sub>2</sub> en redes de distribución, Canalización del H <sub>2</sub>	Repsol, Nortegas
Proyectos relacionados con la descarbonización de usuarios finales: sectores industrial, servicios y residencial	Planta de generación de H <sub>2</sub> con electricidad renovable, Descarbonización con H <sub>2</sub> de los sectores industrial, servicios y residencial, Descarbonización del proceso de refino, siderurgia, vidrio	Giroa Veolia, Petronor
Proyectos relacionados con el desarrollo tecnológico e industrial	Válvulas para gases renovables, H <sub>2</sub> en horno eléctrico, H <sub>2</sub> en horno eléctrico, Tren de pasajeros de hidrogeno, Autobús de hidrogeno, Buque fluvial H <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> Ocean), Tren cercanías-regional de H <sub>2</sub> , Autobús de H <sub>2</sub> , MicroCHP pila de combustible, Plataforma para vehículo light duty, Equipos de transporte pesados de H <sub>2</sub> , Ampliación de capacidades de gasoducto virtual, Biocombustible, Sistemas de generación in-situ, Electrolizador de nueva generación, Fabrica de electrolizadores	Ampo, ghi Smart furnances, Sarralle, CAF, MEYER, Foro Marítimo Vasco, Talgo, Irizar, Ajusa, Calvera Hydrogen, Sener, H <sub>2</sub> SITE, Técnicas Reunidas, Sener-Petronor
Proyectos relacionados con la movilidad y la logística	Uso del H <sub>2</sub> transporte coque, Flota de autobuses, Flota Autobuses Bizkaia, Puerto Bilbao (Puerto del Hidrogeno, hidrován), Banco de ensayos de llenado de vehículos de H <sub>2</sub> , Logística de distribución de H <sub>2</sub> movilidad	Biologistik, Diputación de Álava, Diputación de Guipúzcoa, Bilbao Port, Calvera Hydrogen, Repsol
Proyectos relacionados con iniciativas motoras	Parque Tecnológico de Abanto, Parque Tecnológico de Abanto, Living lab, Plataforma Tecnológica del H <sub>2</sub> -Centro Tecnológico Virtual, Plataforma Industrial del H <sub>2</sub>	Diputación Foral de Vizcaya, Universidad del País Vasco, Basque Energy Cluster

Fuente: elaboración propia a partir de BH<sub>2</sub>C.