
H₂ Med: impulsores y barreras geopolíticos y geoeconómicos para el hidrógeno en el Mediterráneo

Gonzalo Escribano – Mayo 2021

152

H₂: impulsores y barreras geopolíticas y geoeconómicas para el hidrógeno en el Mediterráneo

Gonzalo Escribano – Mayo 2021



Real Instituto Elcano - Madrid - España
www.realinstitutoelcano.org

© 2021 Real Instituto Elcano
C/ Príncipe de Vergara, 51
28006 Madrid
www.realinstitutoelcano.org

ISSN: 2255-5293
Depósito Legal: M-8692-2013

H₂: impulsores y barreras geopolíticas y geoeconómicas para el hidrógeno en el Mediterráneo

Contenido

Resumen ejecutivo

Introducción

1. H₂ UE: La estrategia de la UE y las de los Estados miembros

- 1.1. La dimensión exterior de la Estrategia H₂ para 2030 de la UE
- 1.2. Las estrategias de política exterior H₂ de los Estados miembros

2. H₂ Med: impulsores y barreras geoeconómicas

- 2.1. Impulsores geoeconómicos
- 2.2. Barreras geoeconómicas

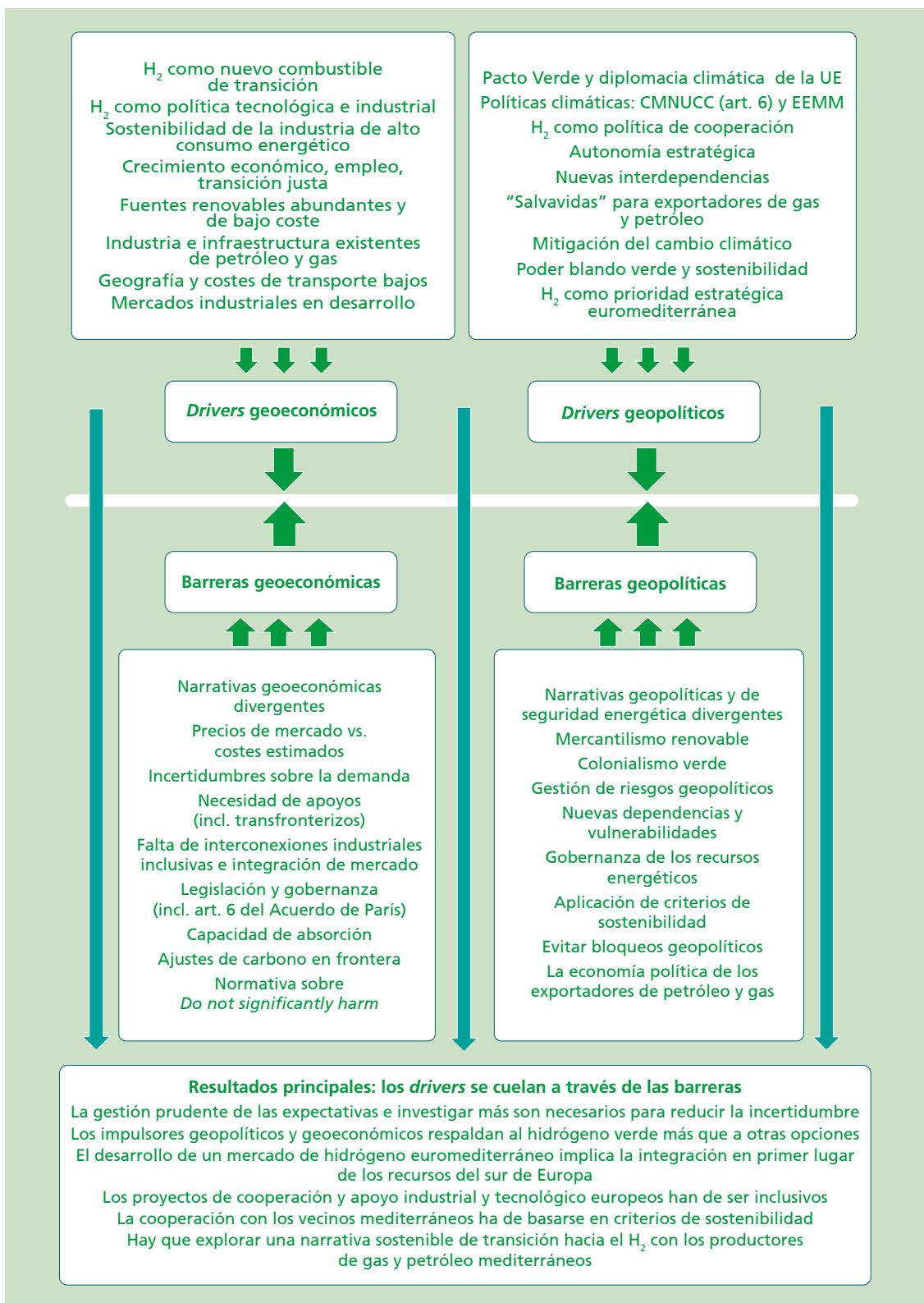
3. H₂ Med: impulsores y barreras geopolíticas

- 3.1. Barreras geopolíticas
- 3.2. Impulsores geopolíticos

Conclusiones

Referencias

Figura 1. Resumen



Resumen ejecutivo

Este *Policy Paper* ofrece un análisis preliminar de los impulsores –*drivers*– y barreras geopolíticas y geoeconómicas para el desarrollo de un mercado de hidrógeno que integre los recursos energéticos renovables de los países vecinos de Europa y el Mediterráneo. Los métodos de investigación empleados incluyen la revisión de la literatura dedicada al hidrógeno en el Mediterráneo, desde las estrategias europeas de H₂ hasta informes sectoriales y de *think tanks*, fuentes académicas y consultas con los actores empresariales interesados.

Claves:

- 1. Los elementos comunes en las estrategias de hidrógeno europeas constituyen factores de impulso importantes para el desarrollo** de un mercado de hidrógeno, aunque cierta inconsistencia en algunos de los enfoques exteriores (es decir, autosuficiencia frente a comercio transfronterizo) puede dar lugar a barreras geopolíticas y geoeconómicas para la integración y el desarrollo.
- 2. Existen una serie de impulsores geoeconómicos que incentivan el desarrollo del hidrógeno verde en el Mediterráneo:** abundantes recursos de energía renovable, industria e infraestructura ya existentes, y costes de transporte más baratos en comparación con otros lugares de origen. Sin embargo, aún hay dudas sobre los precios, el alcance de la legislación y de potenciales medidas de apoyo, incluyendo la posibilidad de armonizar el precio del carbono. El panorama actual tiende a favorecer la integración intraeuropea e incentiva la convergencia de los países vecinos con la política climática de la UE.
- 3. La geopolítica del H₂ en el Mediterráneo reúne tanto *drivers* como barreras** en materia de seguridad energética, sostenibilidad, gobernanza y política exterior. La conformación de un orden geopolítico sostenible debería priorizar la integración europea y fomentar la cooperación con aquellos países vecinos donde los *drivers* geopolíticos más que compensen las barreras.
- 4. Como muestra la Figura 1, los resultados de la investigación arrojan los siguientes mensajes clave** sobre el desarrollo futuro de los mercados de hidrógeno en el Mediterráneo:
 - Minimizar las incertidumbres que rodean el futuro del hidrógeno en el Mediterráneo exige una gestión prudente de las expectativas y más investigación.
 - Los impulsores geopolíticos y geoeconómicos tienden a posicionar de manera ventajosa al hidrógeno verde en comparación con otras alternativas en el Mediterráneo.

- El desarrollo de los mercados de hidrógeno euromediterráneos pasa por integrar en primer lugar los recursos energéticos del sur de Europa mediante corredores Sur-Norte.
- Se debe garantizar la inclusividad de los proyectos de cooperación y apoyo de la UE, abriéndolos a todos los Estados miembros y a aquellos vecinos aptos para ello.
- La cooperación con los vecinos mediterráneos ha de basarse en criterios de sostenibilidad.

Introducción¹

El hidrógeno se ha convertido en un tema candente en el debate energético mediterráneo, europeo y global. El actual entusiasmo por el nuevo combustible tanto entre gobiernos como en el sector privado se está viendo reflejado en la atención creciente que recibe la geopolítica del hidrógeno, la cual ha pasado a formar parte de la literatura emergente acerca de la geopolítica de las renovables.² Resulta fácil comprender por qué el hidrógeno ha creado unas expectativas tan altas a escala internacional, pues al ofrecer oportunidades para países y empresas tiene implicaciones geopolíticas y de economía exterior.³

Además, el hidrógeno parece compatible con un mundo basado en los combustibles fósiles que deja vía libre para la continuidad de la tradicional geopolítica del petróleo y el gas en los círculos académicos y los órganos decisorios.⁴ De igual manera puede ser un combustible de transición entre la geopolítica de los hidrocarburos y la de las energías renovables. Hay una cierta preponderancia a señalar una trayectoria geopolítica dependiente –*geopolitical path dependence*– a partir del régimen de energías fósiles entre aquellos enfoques que destacan las nuevas vulnerabilidades y dependencias relacionadas con las transiciones energéticas sostenibles, pero el argumento parece adquirir especial fuerza a la hora de examinar las características y expectativas geo-económicas y geopolíticas del hidrógeno. Esta narrativa transicional ha sido objeto de críticas como la de permitir que la industria del gas natural se apropie de la noción de “utopía del hidrógeno” y la perpetuidad del carbono mediante el hidrógeno azul.⁵

En el Mediterráneo, algunos Estados miembros de la UE y sus vecinos poseen recursos naturales con potencial para convertirse en exportadores de hidrógeno competitivos, aunque fracasos anteriores como Desertec o el Plan Solar Mediterráneo han conducido a expectativas que oscilan desde la esperanza hasta el optimismo desmedido.⁶ La UE respalda la importación de hidrógeno desde estos países vecinos, y la reciente Comunicación de la PEV para el Sur, de 2021, identifica la producción de hidrógeno como una nueva prioridad estratégica.⁷ Con todo, y pese a que la práctica totalidad de los actores euromediterráneos en el ámbito de la energía prevén oportunidades para el hidrógeno bajo el paraguas de la UE, los Estados miembros muestran tener preferencias divergentes en sus decisiones tecnológicas y modelos de integración de mercado.

1 El autor agradece las contribuciones, comentarios y sugerencias de Lara Lázaro Touza en una versión anterior de este documento, así como la asistencia a la investigación de Rose Chancy, ambas del Programa de Energía y Clima del Real Instituto Elcano. También agradece a los ponentes y participantes del grupo de trabajo de Energía y Clima de Elcano por su contribución a la hora de identificar el conjunto preliminar de *drivers* y barreras del hidrógeno en el Mediterráneo en dos sesiones cerradas y en consultas posteriores. No obstante, la responsabilidad del contenido del documento es exclusivamente del autor.

2 Lázaro & Escribano (2021).

3 Para una perspectiva geo-económica, véase Frontier Economics (2018); para un enfoque geopolítico, véase Pflugmann y De Blasio (2020).

4 Véase, por ejemplo, Van de Graaf (2021) y Van de Graaf *et al.* (2020).

5 Acerca de los *lock-ins* del hidrógeno producido con combustibles fósiles, véase Szabo (2020).

6 Véase Van Wijk *et al.* (2019), Willis (2020), Van Renssen (2020), y Furfari y Masson (2021).

7 Comisión Europea (2021).

La mayoría de los Estados miembros quieren desarrollar la industria del hidrógeno, pero algunos muestran un mayor interés en el hidrógeno verde que otros. En clave internacional, Alemania quiere promover las importaciones de hidrógeno verde, con origen en el seno de la UE o en el exterior, mientras que Francia parece favorecer un planteamiento más favorable a la autosuficiencia y con el apoyo de la energía nuclear (hidrógeno rosa). España y Portugal aspiran a llegar a ser exportadores de hidrógeno verde y confían en que la oportunidad de articular un mercado europeo de hidrógeno verdaderamente integrado no se desaproveche esta vez. Asimismo, España considera que la aplicación de criterios de sostenibilidad implica dar preferencia a las exportaciones europeas de hidrógeno verde que estén en línea con la ruta europea de descarbonización hacia una economía neutra en emisiones para 2050.

Más que un enfoque puramente conceptual, o una aproximación técnico-económica, normativa u orientada a la empresa, este *Policy Paper* trata de identificar los principales *drivers* y barreras geoeconómicas y geopolíticas para el desarrollo de mercados de hidrógeno en el Mediterráneo, tanto en Europa como en su vecindad. El objetivo no es medir o estimar cada uno de ellos, analizarlos en profundidad y considerar cómo pueden facilitarse/superarse. Lo que se plantea es proponer un inventario preliminar de factores habilitadores y obstaculizadores que puedan servir de guía para comprender la geopolítica del hidrógeno en el Mediterráneo. Las conclusiones de este análisis inicial pueden complementarse con, y beneficiarse, de futuras investigaciones.

Con este propósito, el documento comienza por analizar las narrativas geoeconómicas y geopolíticas dominantes que subyacen a las estrategias del hidrógeno de la UE, los Países Bajos, Francia, Alemania, Portugal y España. Después aborda el tema más general de la geoeconomía y la geopolítica del hidrógeno en el Mediterráneo, atendiendo a los *drivers* y a las barreras.⁸ Éstas han sido identificadas de forma exploratoria a partir de fuentes académicas, de *think tanks*, y literatura gris, así como de las propias estrategias europeas del hidrógeno. Se han contrastado y completado mediante conversaciones con representantes de la industria española, funcionarios y expertos académicos, en reuniones privadas y en sesiones del grupo de trabajo de Energía y Clima del Real Instituto Elcano. El estudio se limita a los *drivers* y barreras intrínsecamente relacionados al hidrógeno, por lo que no se han considerado avances en otras tecnologías que podrían generar nuevos impulsores o barreras (en otras palabras, reducciones de costes más lentas en la transmisión eléctrica y tecnologías de almacenamiento, o un menor nivel de precios del petróleo y el gas).

⁸ El marco analítico a partir de *drivers* y barreras se usa comúnmente en los estudios de tecnologías de innovación en el ámbito de las energías renovables. Se pueden consultar, por ejemplo, Kiefer y Río (2020) y Escribano et al. (2019) sobre impulsores y barreras económicas y geopolíticas de la energía solar concentrada –*Concentrated Solar Power*–. También se ha empleado en el tratamiento de tecnologías del hidrógeno por Trinomics (2020), estudio que hace referencia a algunos de los impulsores económicos contemplados en este *Policy Paper*.

El apartado de conclusiones resume los resultados obtenidos en torno a *drivers* y barreras, junto con el análisis de la combinación de factores impulsores que compensaría el conjunto de barreras. Más concretamente, se seleccionan varios elementos que, de forma realista y sugerente, podrían combinarse para dar lugar a un conjunto de impulsores para el desarrollo de los mercados de hidrógeno del Mediterráneo: la necesidad de un manejo prudente de las expectativas, más investigación y propuestas creíbles; fomentar la diferenciación verde, la inclusividad de la industria europea y la integración del mercado; cooperar con los vecinos mediterráneos en el desarrollo del hidrógeno verde; y explorar la posibilidad de una narrativa transicional de la mano de los países productores de petróleo y gas, pero sin abandonar el compromiso europeo con criterios claros de gobernanza y sostenibilidad.

1 H₂ Europa: las estrategias de la UE y los Estados miembros

Según la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), las estrategias para el hidrógeno son el primer pilar necesario para alcanzar un umbral mínimo de penetración de mercado. Sin embargo, estas estrategias deben preceder a la identificación de prioridades políticas, el establecimiento de mecanismos de gobernanza y un sistema de garantías de origen centrado en el hidrógeno verde.⁹ La Estrategia para el Hidrógeno de la UE (*EU Hydrogen Strategy*) prevé la instalación de seis GW de electrolizadores para la producción de hidrógeno renovable en 2024 y 40 GW en 2030.¹⁰ Hasta la fecha, seis Estados miembros han publicado sus respectivas estrategias nacionales, y otras se encuentran en proceso.

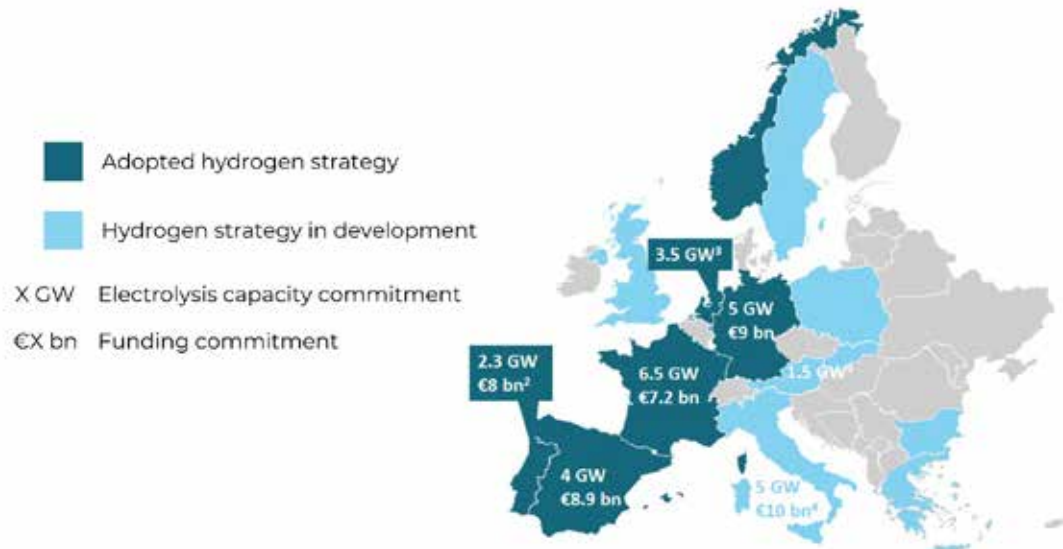
A finales de 2020 el objetivo agregado de capacidad de electrólisis de los siete Estados miembros que había establecido un objetivo era de 27,8 GW, aproximadamente el 70% del objetivo de la UE para 2030. Francia, Alemania y los Países Bajos han anunciado una financiación pública de alrededor de 17.000 millones de euros, mientras que Italia, Portugal y España tienen previstas inversiones de 25.900 millones de euros (Figura 2). En España, empresas como Cepsa, Enagás, Endesa, Iberdrola, Naturgy y Repsol, entre otras, ya han comenzado la implementación de proyectos de hidrógeno. Asimismo, el hidrógeno es un componente a destacar de entre los proyectos presentados por España en el contexto del programa *Next Generation* de la UE.¹¹

9 IRENA (2020).

10 Comisión Europea (2020), *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*, Bruselas.

11 Miguel Ángel Noceda (2021), "El hidrógeno se convierte en la principal apuesta de las eléctricas en los fondos europeos", *El País*, 12/II/2021, <https://elpais.com/economia/2021-02-11/el-hidrogeno-se-convierte-en-la-principal-apuesta-de-las-electricas-en-los-fondos-europeos.html>.

Figura 2. Estrategias nacionales del hidrógeno: capacidad de electrólisis y objetivos de inversión (1) (GW y € miles de millones)

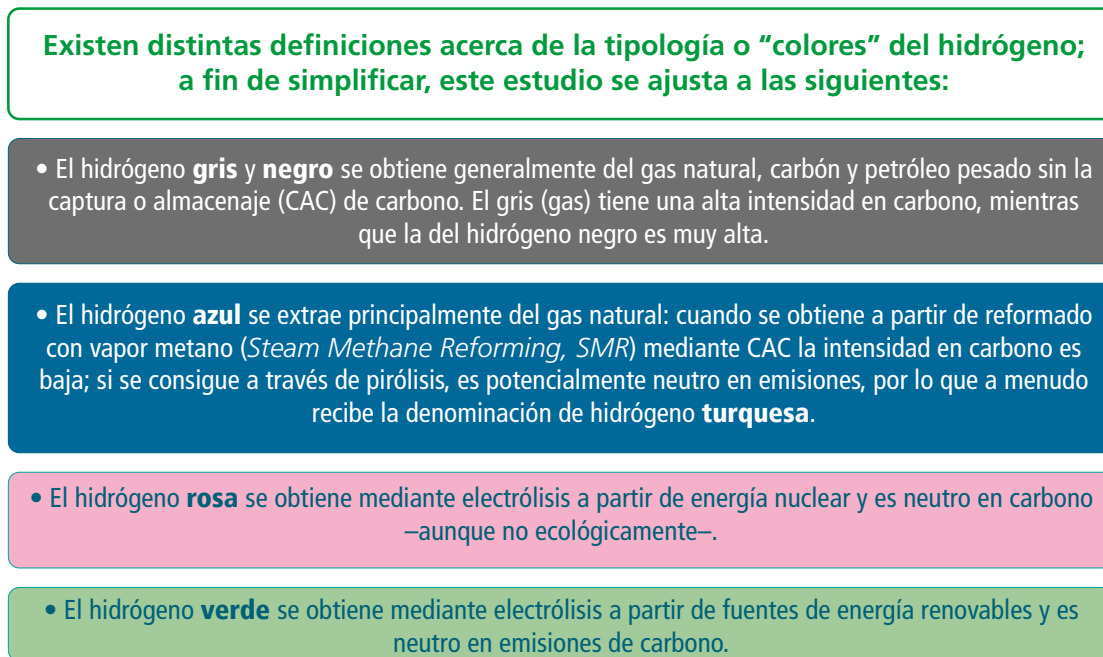


Fuente: Hydrogen Europe, National Hydrogen Strategies, diciembre de 2020, https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/Map_%20National%20H2%20Strategies.pdf.

1.1. La dimensión exterior de la Estrategia H₂ para 2030 de la UE

A pesar de que la existencia de una estrategia europea para el hidrógeno es un avance positivo hacia el desarrollo de los mercados del hidrógeno, hay una serie de variaciones notables entre dicha estrategia y las de los Estados miembros.¹² La Figura 4 sintetiza los principales elementos de las estrategias de la UE, Francia, Alemania, los Países Bajos, Portugal y España. Desde una perspectiva internacional, las divergencias surgen del diferente énfasis en las varias tonalidades de hidrógeno y las correspondientes narrativas exteriores.

¹² Véase Westphal *et al.* (2020), Bouacida y Berghmans (2020), y Philibert (2020).

Figura 3. Las tonalidades del hidrógeno¹³

Fuente: elaboración propia.

De la gama de “colores” H₂ (véase la Figura 3), la Estrategia de la UE da prioridad al hidrógeno verde, aunque incluye el hidrógeno azul y turquesa “con carácter transicional”, al igual que la estrategia alemana. Francia opta por el hidrógeno “descarbonizado”, abarcando el hidrógeno rosa sin mencionarlo explícitamente. Las tres estrategias consideran el hidrógeno descarbonizado un combustible transitorio (en sustitución del gas natural), lo que contribuiría al desarrollo de los mercados, la normativa y la infraestructura, allanando el camino hacia el hidrógeno verde. En cambio, las estrategias de Portugal y España, especialmente de la segunda, están claramente orientadas a privilegiar el hidrógeno verde. La importancia de la disparidad entre estas aproximaciones tecnológicas radica en la influencia que tienen sobre la dimensión exterior de las estrategias nacionales de hidrógeno a escala intra- y extraeuropea.

¹³ La industria gasista apuesta por una taxonomía precisa que se base en criterios técnicos en lugar de terminología de colores. Asociaciones de gas natural europeas han solicitado públicamente desde 2019 una taxonomía de gases renovables y descarbonizados fundamentada en criterios de sostenibilidad y huella carbónica acorde con las siguientes definiciones: hidrógeno convencional (por ejemplo, el producido a partir de gas natural sin CAC), hidrógeno descarbonizado o de emisión baja (según el nivel de captura de CO₂ –pendiente de definición–) e hidrógeno renovable. Para la terminología, véase https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/energy_climate_change_environment/events/presentations/02.a.02_mf_33_presentation_-_new_gases_network_terminology_gas_industry_perspective_-_deblock.pdf.

Figura 4. Selección de narrativas europeas exteriores acerca del H₂

	Tonalidades de H ₂	Electrolizadores	Exportación / Importación	Narrativas
UE	Limpio (verde, azul y turquesa con carácter transicional) CAC ("provisional")	6 GW (2024) 40 GW (2030)	- Comercio transfronterizo intraeuropeo sin restricciones. - Importaciones desde vecinos (40GWx2 2030)	- H ₂ limpio como combustible de transición - H ₂ como política industrial y de cooperación - Hacia reducir la dependencia energética y tecnológica - Prioridad alta en la agenda de política exterior de energía: hacia el rediseño de las asociaciones con los vecinos en torno a energía - Acuerdos: Ucrania, Norte de África, Balcanes Occidentales y África - Foros y estándares multilaterales - Estándares para transacciones en €
Francia	Descarbonizado (incl. rosa)	6.5 GW (2030)	Autosuficiencia	- H ₂ descarbonizado como política industrial - Reducir la dependencia energética y tecnológica
Alemania	Limpio (verde, azul y Turquesa con carácter transicional) No CAC	5 GW (2030)	Importaciones a medio plazo	- H ₂ azul como respiro para Rusia. - H ₂ verde facilita política industrial y de cooperación - Acuerdos: Marruecos, Ucrania
Países Bajos	Limpio, neutro en carbono, sostenible CAC	3-4 GW (2030) 500 MW (2025)	- Convertirse en "nexo" (<i>hub</i>) H ₂ - Interconexiones en 2030 - Importaciones a largo plazo	- Sostenibilidad de las industrias intensivas en consumo de energía - H ₂ como política industrial y tecnológica. - Enfoque de política de agrupamientos regionales - Acuerdos: "noroeste de Europa" ("si factible, global") y Portugal
Portugal	Verde CAC (limitado)	250-500 MW (2025) 1.75-2 GW (2030)	Exportaciones a partir de 2025	- H ₂ verde como catalizador de la política industrial y de cooperación - Reducir la dependencia energética y tecnológica - Acuerdos: Marruecos, España y los Países Bajos
España	Verde No CAC	300-600 MW (2024) 4 GW (2030)	Exportaciones a partir de 2030	- H ₂ verde como catalizador de la política industrial y de cooperación - Reducir la dependencia energética y tecnológica - Países: Portugal e Italia ¹⁴

Fuentes: Estrategias del hidrógeno de la UE y los Estados miembros; Comisión Europea (2020), Ministerio de Asuntos Económicos y Política Climática de los Países Bajos (2020); Ministerio de Economía, Finanzas y Recuperación de Francia (2020); Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía de Alemania (2020); Ministerio de Medio Ambiente y Acción Climática de Portugal (2020); Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España (2020); y consultas con actores relevantes.¹⁴

¹⁴ Ramón Roca (2020), "España e Italia colaborarán en materia de hidrógeno", *Periódico de la Energía*, 25/XI/20, <https://elperiodicodelaenergia.com/espana-e-italia-colaboraran-en-materia-de-hidrogeno/>.

Internamente, la estrategia de la UE prevé un mercado europeo del hidrógeno, abierto y competitivo, para el año 2030, que implicaría la introducción de normas de funcionamiento y desarrollo de infraestructuras que abran la economía a los beneficios del “comercio transfronterizo sin restricciones”: competición, accesibilidad y seguridad de suministro. No obstante, el término “interconexiones” sólo se menciona una vez para referirse al papel que ejercen las interconexiones físicas actuales con Ucrania y los países del vecindario Sur. En ningún momento se menciona, por ejemplo, la falta de interconexiones gasistas entre la Península Ibérica y Francia.¹⁵

Respecto a la dimensión exterior, la estrategia de la UE ve positivamente las importaciones desde sus vecinos del Este y del Sur. Hace referencia explícita a la Iniciativa de Hidrógeno Verde 2x40 GW (*2X40 GW Green Hydrogen Initiative*), proyecto promovido por la asociación europea de industria (*Hydrogen Europe*) para lograr 2x40 GW en electrolizadores en 2030: 40 GW en Europa y otros 40 GW producidos en el vecindario con destino UE.¹⁶ De igual manera, la estrategia ahonda en otras narrativas de política exterior, como el fomento del hidrógeno verde como política industrial y de cooperación europea, o bien como un medio para aumentar la seguridad energética y la autonomía estratégica mediante la reducción de la dependencia energética y tecnológica.

Se prevé que el hidrógeno constituya una prioridad en la agenda de la política energética exterior de la UE, que aspira a rediseñar los acuerdos energéticos con Ucrania, el Norte de África, los Balcanes Occidentales y África (por medio de la Iniciativa Energía Verde África-Europa –*Africa-Europe Green Energy Initiative*–). América Latina no figura en la estrategia, aunque países como Chile, México y Brasil tienen un gran potencial, si no para exportar a corto plazo dada la extensión de las rutas marítimas, al menos en cooperación empresarial, industrial y tecnológica. Desde luego, la estrategia hace hincapié en la necesidad de participar en foros multilaterales, redes globales de investigación y en la formulación de estándares y normas. También incluye la meta de instaurar un criterio de denominación europea para las transacciones relacionadas con el hidrógeno.

1.2. Las estrategias de política exterior sobre H₂ de los Estados miembros

Las estrategias para el hidrógeno de los Estados miembros comparten ciertos objetivos, tanto entre ellas como con la estrategia de la UE. Los objetivos comunes incluyen la reducción de la dependencia energética y la disminución de las vulnerabilidades de las cadenas de valor, que actúan como importantes impulsores geopolíticos en las estrategias H₂. Otros objetivos compartidos son el logro de las metas de descarbonización, la promoción del hidrógeno como política industrial en la UE y en el exterior (por ejemplo, en lo concerniente a los electrolizadores) y la cooperación con otros países. Además, otro elemento transversal a todas las estrategias es la voluntad de participar en los foros y redes de investigación internacionales, así como en el diseño y establecimiento de estándares internacionales.

¹⁵ Comisión Europea (2020), *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*.

¹⁶ Van Wijk y Chatzimarkakis (2020).

Sin embargo, hay ciertos matices a tener en cuenta en función de la tecnología preferida en las diferentes estrategias. Mientras que Francia y los Países Bajos ponen el foco sobre políticas industriales que fomenten el llamado hidrógeno descarbonizado (rosa) o hidrógeno sostenible (azul), respectivamente, el resto de Estados miembros apuestan por el desarrollo de un sector dinámico orientado al hidrógeno verde. La Figura 2 muestra las principales diferencias entre las estrategias para el hidrógeno.

En lo que se refiere a patrones comerciales, las estrategias alemana y holandesa prevén la importación de hidrógeno verde en el medio y largo plazo. Por otro lado, las estrategias portuguesa y española apuestan por la posibilidad de exportar a partir de 2025 y 2030, respectivamente. Francia parece decantarse por una estrategia de autosuficiencia basada en el hidrógeno rosa apoyada en su capacidad nuclear. Estas divergencias vaticinan claramente una situación en la que Alemania podría cubrir sus necesidades de importación con las exportaciones ibéricas, pero que se topa con la barrera que representa el modelo de mercado cerrado y autosuficiente que persigue Francia. Esta coyuntura dificultaría el tránsito de hidrógeno a través de gasoductos readaptados o de nueva infraestructura específicamente diseñada con este fin, a la luz de la insuficiencia de interconexiones de gas que cruzan los Pirineos. Las exportaciones de hidrógeno provenientes del Norte de África se encontrarían con los mismos obstáculos que los países de la Península Ibérica al tratar de llegar a los mercados del norte de Europa, a no ser que se procediera con la construcción de conductos de tránsito nuevos, o que el transporte por mar resultara competitivo.

En cambio, la estrategia holandesa aspira a convertirse en un nexo *-hub-* “para Europa noroccidental, y si fuera posible, a nivel global” para el hidrógeno, centrandos esfuerzos en establecer un “contacto directo” con la Comisión Europea, el Foro Pentagonal (Benelux, Alemania, Francia, Austria y Suiza), los países del mar del Norte y Portugal. El enfoque más bien interno de Francia no tiene en consideración ninguna cooperación bilateral en particular. Alemania y Portugal entienden el hidrógeno como una oportunidad para conseguir una mejor sintonía entre sus políticas de cooperación y sus estrategias nacionales, habiendo entrado ambos en acuerdos con Marruecos.¹⁷ Los criterios de sostenibilidad juegan un papel clave en la estrategia alemana, pues busca garantizar que las exportaciones de hidrógeno verde por terceros países se sitúen encima de su producción doméstica de energía renovable y exijan un uso del agua y cadenas de valor sostenibles.

Pese a promover la cooperación internacional, la hoja de ruta española para el hidrógeno internacional prioriza la dimensión europea: esto es, articular un mercado europeo del hidrógeno integrado y conducente a un “comercio transfronterizo sin restricciones”, tal como postula la Estrategia para el Hidrógeno de la UE, lo que permitiría a España convertirse en un exportador neto en el futuro. En cuanto a la dimensión europea (y exterior) del hidrógeno como política industrial, los actores españoles subrayan la necesidad de una política “inclusiva” que limite la concentración de los proyectos, estándares y programas de investigación de la UE en un número reducido de Estados miembros que, probablemente,

¹⁷ Véase, por ejemplo, el acuerdo marroquí-alemán en energía y H₂ en <https://www.energypartnership.ma/home/about/> y la Declaración Marruecos-Portugal de Cooperación en Hidrógeno Verde en <https://www.mem.gov.ma/Pages/actualite.aspx?act=234>.

priorizarían sus propias opciones normativas y tecnológicas. Aunque la estrategia española no rechaza la importación de hidrógeno extraeuropeo en un sentido explícito, parece segura de que la consecución de la Unión Energética y el Pacto Verde Europeo respalda en primera instancia la explotación e integración de los recursos europeos de energía renovable más competitivos.

Independientemente de que se redirija el uso de infraestructura ya existente o se planifiquen entramados nuevos, tanto Portugal como España quieren asegurarse de que sortean impedimentos pasados y presentes para lograr los objetivos en materia de interconexiones eléctricas y gasísticas de la UE. A pesar de que el estado actual de la tecnología limita las expectativas de un comercio transfronterizo de hidrógeno en grandes volúmenes y lo desplaza como prioridad durante, al menos, la próxima década, la evolución del mercado acarrea la necesidad de prepararse para el futuro. Así, la integración de la Península Ibérica en los mercados de hidrógeno de la UE no debería plantearse exclusivamente como una prioridad para los países ibéricos, pues los beneficios económicos y medioambientales asociados a la integración de los recursos renovables de los Estados miembros con mayor potencial y menor coste incumben a todo Europa. Esta priorización del enfoque de integración europea en parte explicaría por qué España ha concluido memorandos de entendimiento con Italia y Portugal de cara a valorar las posibilidades de cooperación en Proyectos de Interés Común relacionados con el hidrógeno, al tiempo que no se ha llegado a acuerdos con ningún otro socio mediterráneo del vecindario.

Algunos otros países han formulado estrategias para el hidrógeno, o se encuentran en su fase de implementación. Se prevé que, para 2025, las estrategias H₂ cubran mercados que representan en total más del 80% del PIB global. En Europa, el Reino Unido, Italia, Suiza, Noruega, Ucrania y Rusia son ejemplos destacados.¹⁸ Italia y Polonia están desarrollando sus estrategias también. El primero se centra en el hidrógeno verde, y la estrategia polaca combina hidrógeno verde, producido en parques eólicos de la región báltica, e hidrógeno azul.¹⁹ Por su parte, EEUU ha articulado una estrategia para el hidrógeno de baja emisión obtenido a partir de hidrocarburos, pero carece de marco para el hidrógeno verde.²⁰ La estrategia australiana refleja la ambición de erigirse como un exportador global de peso hacia 2030, apostando por el “hidrógeno limpio”, que incluye las tecnologías verde y de CAC.²¹ Japón desea situarse a la cabeza de una red global de suministro de hidrógeno y reorientar la importación para sustituir al gas natural.²² Chile plantea una estrategia de exportación clara a partir de 2025, mediante la que aspira a “conquistar” los mercados globales desde 2030.²³ Corea del Sur, China, California y Marruecos son otros países y regiones que están desarrollando sus propias estrategias e itinerarios.²⁴

18 Consejo Mundial de Energía Alemania (2020).

19 Bartosz Bieliszczuk (2020), “Clean gas: prospects of hydrogen energy development in the EU”, Boletín PISM, nº 68, 12/VIII/2020, https://pism.pl/publications/Clean_Gas__Prospects_of_Hydrogen_Energy_Development_in_the_EU.

20 Departamento de Energía de EEUU (2020).

21 COAG Energy Council (2019).

22 Ministerio de Economía, Comercio e Industria-METI (2019). Véase también Nagashima (2020).

23 Ministerio de Energía, Gobierno de Chile (2020).

24 Consejo Mundial de Energía (2020).

Marruecos suele aparecer como un actor destacado en la mayoría de los estudios acerca de la geopolítica y el desarrollo del mercado de hidrógeno, tanto en el espacio euromediterráneo como a escala internacional. Esto va ligado a un conjunto de factores donde se incluye su proximidad con Europa, la existencia de un amplio mercado doméstico de amoníaco para la industria de fertilizantes, y una infraestructura para la exportación de gas natural desaprovechada.²⁵ Su potencial para la generación de energía renovable hace que los precios de subasta se sitúen entre los más bajos del planeta, además de contar con rendimientos importantes de energía hidroeléctrica complementaria. El país parece encaminado a lograr los objetivos de un 42% de producción de energía basada en renovables para 2020, y del 52% en 2030. Igualmente se encuentra trabajando en una hoja de ruta *Power to X* para posicionar a Marruecos como productor y exportador líder de hidrógeno verde, siendo capaz de suministrar entre el 2% y el 4% de la demanda global,²⁶ mejorando su base tecnológica e industrial nacional. El uso doméstico sería también una manera de reducir los volúmenes de carbón y gas de importación. Dado que Marruecos cuenta con amplios recursos fosfáticos y una industria de fertilizantes, la producción verde y competitiva de amoníaco puede ser un impulsor importante en el sector industrial y un vector de comercio exterior.²⁷

Para concluir, la inconsistencia en torno a distintos elementos de la dimensión exterior de las estrategias europeas para el hidrógeno representa la primera barrera geoeconómica y geopolítica hacia el desarrollo de un mercado de hidrógeno, en la UE y en el ámbito euromediterráneo. Estas divergencias son reconocibles a lo largo de todo el proceso de formulación de políticas, desde el fallo a la hora de identificar prioridades políticas y sectoriales hasta la incapacidad de establecer marcos de gobernanza favorecedores, incluyendo la cuestión de la certificación de origen del hidrógeno verde. A día de hoy, la certificación del hidrógeno proveniente del exterior de la UE no ha generado un problema de gobernanza, ya que las importaciones aún son nulas. No obstante, asociaciones europeas de estandarización están desarrollando una metodología europea para certificar la producción de hidrógeno según las emisiones. Algunos *think tanks* están trabajando en el criterio de sostenibilidad ligado a dicha certificación. Estos avances afectan a los vecinos mediterráneos y ponen límites a sus expectativas de integración en un mercado de hidrógeno euromediterráneo, independientemente de cuál sea su tamaño final.

²⁵ Pariente-David (2020).

²⁶ Eichhammer *et al.* (2019).

²⁷ Véase el capítulo sobre Marruecos en World Energy Council (2020).

2 H₂ Med: impulsores y barreras geoeconómicos

Este apartado aborda los impulsores y barreras geoeconómicos específicos al hidrógeno en el Mediterráneo. Como se ha dicho anteriormente, éstos han sido identificados a partir de la literatura existente y las estrategias europeas para el hidrógeno, incluyendo la Comunicación de 2021 *Renewed Partnership with the Southern Neighbourhood: A New Agenda for the Mediterranean*, que postula la producción mediterránea de hidrógeno como una nueva prioridad estratégica. Los vacíos en la literatura se han compensado mediante conversaciones con actores relevantes, dando lugar a un resumen explicativo que se muestra en la Figura 5. El objetivo no es hacer un análisis detallado de las estrategias, esquemas de cooperación o resultados cuantitativos, sino ofrecer una cartografía preliminar de los impulsores y barreras desde una perspectiva de política exterior.

Figura 5. Impulsores y barreras geoeconómicos H₂ Med



Fuente: revisión de la literatura relevante y consultas con actores relevantes.

2.1. Impulsores geoeconómicos

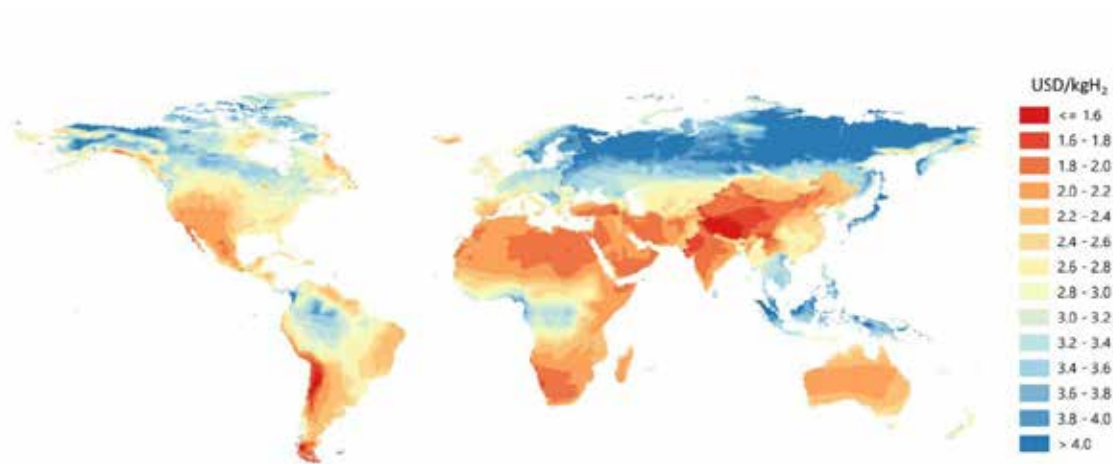
Las estrategias nacionales y de la UE, así como un buen número de informes, identifican con claridad algunos de los impulsores geoeconómicos del hidrógeno, como la definición del hidrógeno (verde o descarbonizado) como un nuevo combustible de transición, que “permitiría el empleo de energías renovables más variadas en la transición hacia los sistemas de energía del mañana”.²⁸ Según la *Roadmap Hydrogen and Gas markets Decarbonisation Package* de la Comisión Europea, el biogás, el bio-metano, el hidrógeno renovable y descarbonizado, y el metano sintético cubrirán aproximadamente dos tercios de los

²⁸ IRENA (2019), p. 42.

combustibles gasísticos en la cesta energética de la UE para 2050, mientras que el gas fósil con CAC representará el resto.

Otras características compartidas son la voluntad de fomentar el sector del hidrógeno a través de las políticas industriales y tecnológicas y garantizar la sostenibilidad de las industrias de alto consumo energético. Asimismo, estarían los beneficios económicos derivados de la creación de nuevas cadenas de valor y oportunidades de empleo, sin dejar de ofrecer alternativas justas para la transición de sectores en declive y países exportadores de hidrocarburos.²⁹ La Estrategia de la UE prevé la creación, directa o indirecta, de hasta un millón de puestos de trabajo. El objetivo de desarrollar los mercados industriales y cadenas de valor del hidrógeno a nivel europeo y mediterráneo es generalmente visto como un factor de impulso importante por sí solo. El liderazgo tecnológico global en el área de los electrolizadores y tecnologías asociadas, sobre todo en lo concerniente a la competición con China, es también un rasgo recurrente en las declaraciones europeas.

Figura 6. Costes del hidrógeno derivados de sistemas híbridos de energía eólica terrestre y energía solar fotovoltaica a largo plazo, según la AIE (US\$/kgH₂)



Fuente: AIE (2019), *The Future of Hydrogen*, AIE, París, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

²⁹ Navigant (2019).

Algunos de los otros impulsores geoeconómicos del hidrógeno mediterráneo son fácilmente identificables en la literatura.³⁰ En primer lugar, como muestra la Figura 6 y de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (2019), la abundancia de recursos energéticos solares y eólicos en el Mediterráneo implica que los costes a largo plazo ligados al hidrógeno verde se ubican entre los más bajos del mundo. Éstos son especialmente reducidos en la península Ibérica y los vecinos del sur del Mediterráneo, a lo que habría que añadir sucesivas reducciones de costes en el sector de las renovables, apuntando a niveles un 15% inferiores a los pronosticados anteriormente. Las reducciones guardan relación con la instalación de renovables a escala, donde destacan regiones con niveles elevados de irradiación solar.³¹ Las reducciones de costes más acusadas se prevén en ubicaciones con recursos óptimos en los que las subastas continúan arrojando mínimos históricos, como Portugal, España, Chile, Marruecos y Oriente Medio. El hidrógeno tiene un futuro prometedor también en Turquía, a la luz de sus recursos domésticos de energía renovable y sus capacidades industriales y tecnológicas, aunque el país está quedando rezagado en la formulación de una estrategia integral.³²

Según diversos cálculos dentro de la industria, la capacidad de electrólisis de 50 GW es el “punto de inflexión” para alcanzar la competitividad del hidrógeno verde, sobre todo si se emplean energías renovables de bajo coste en torno a los 10 dólares/MWh en 2030 (para otros agentes industriales, sin embargo, este precio parece demasiado bajo). Además, los países mediterráneos ocupan puestos altos en la mayoría de los índices de energía renovable. Por poner un ejemplo, el *Green Future Index 2021* analiza el progreso y el compromiso de 76 economías con la creación de un futuro bajo en carbono. Entre aquéllas del espacio mediterráneo, se encuentran Francia (4ª) y España (18ª) en el *top 20*, seguidos de Italia (22ª), Marruecos (26ª), Portugal (30ª), Grecia (37ª), Israel (38ª), Egipto (58ª), Ucrania (63ª), Turquía (68ª) y Argelia (72ª).³³

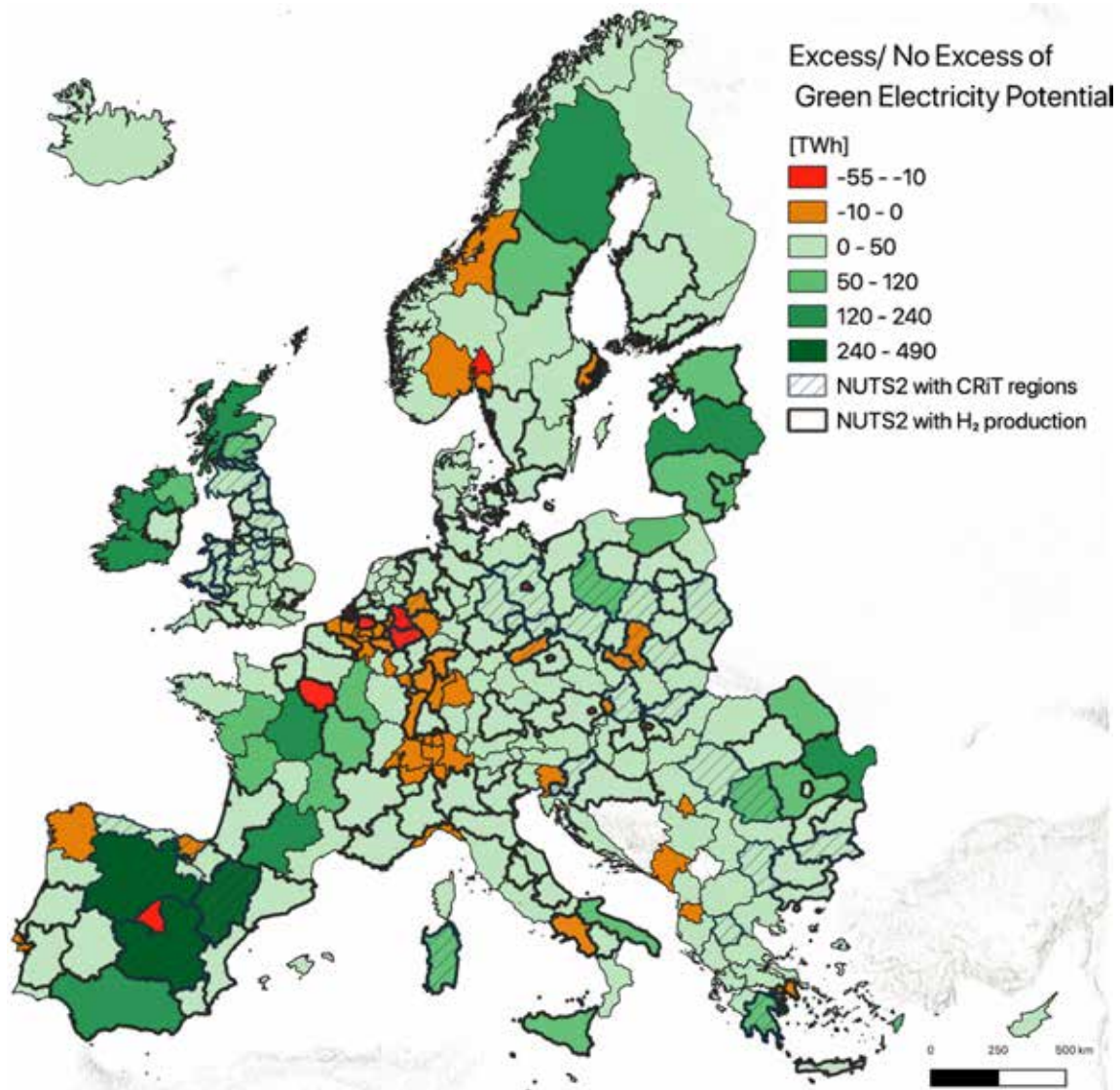
30 Véase, por ejemplo, RaviKumar Bhagwat y Olczak (2020).

31 McKinsey (2021).

32 Arat *et al.* (2020).

33 The Green Future Index, MIT Technology Review Insights, 2021.

Figura 7. Regiones con exceso o déficit de potencial tecnológico para electricidad verde

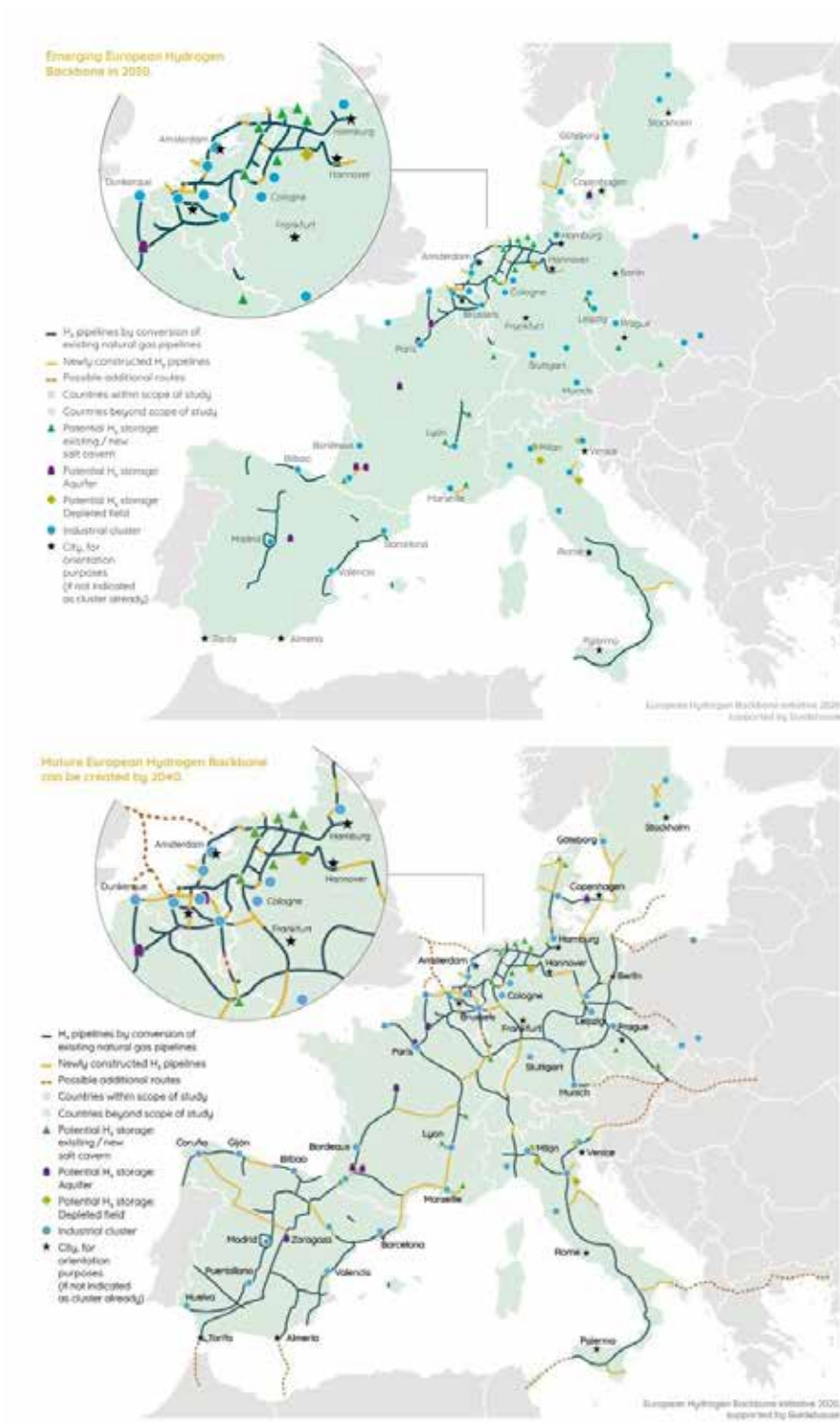


Fuente: Kakoulaki *et al.* (2021), https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0196890420311766-gr6_lrg.jpg.

Las narrativas europeas y mediterráneas en torno a las exportaciones e importaciones reflejan la realidad geográfica de la distribución de los recursos energéticos renovables. La Figura 7 muestra las regiones europeas con exceso o déficit de potencial eléctrico renovable para satisfacer la demanda total, así como las formas mediante las que estos desequilibrios pueden subsanarse a través de la transmisión de hidrógeno verde desde regiones con potencial para generar superávits (en verde) a aquellas con déficit (rojo/naranja). Los países con mayor potencial son España y Francia, seguidos de Rumanía y Polonia.³⁴

³⁴ Kakoulaki *et al.* (2021).

Figuras 8 y 9. Propuesta de Red Troncal de Hidrógeno para Europa para 2030 y 2040



Fuente: Red Troncal de Hidrógeno para Europa (Estudio TSO, referenciado como Wang *et al.*, 2020).

Otro factor de impulso que concierne a casi todos los vecinos europeos y mediterráneos es la existencia de, por un lado, una industria de hidrocarburos asentada que gestiona el know-how para desarrollar el comercio de hidrógeno a gran escala y, por otro, de infraestructura gasística que puede ser reacondicionada para reducir los costes de inversión en hidrógeno y de oportunidad del gas. La proximidad geográfica y los costes de transporte relativamente bajos (en comparación con exportadores del Golfo Pérsico, América Latina o Australia) son otro factor de impulso para las exportaciones mediterráneas de hidrógeno. Un estudio por un Operador del Sistema de Transporte (*Transport System Operator*, TSO) europeo propone una Red Troncal de Hidrógeno (*European Hydrogen Backbone*) como un “verdadero proyecto europeo”, el cual conectaría la oferta y la demanda del hidrógeno. Requiere una inversión total estimada de 27.000-64.000 millones de euros, en base a una utilización de los gasoductos actualmente destinados a gas natural del 75% y un 25% de tramos nuevos (véanse las Figuras 8 y 9).³⁵

Algunos estudios vislumbran que las importaciones de hidrógeno verde provenientes de los vecinos del Mediterráneo sur representarán hasta un máximo de 40 GW ya para 2030, equiparándose al objetivo de producción dentro de la UE.³⁶ Esta meta viene reflejada tanto en la Estrategia para el Hidrógeno de la UE como en la Comunicación Sur de la PEV 2021, que identifican la producción de hidrógeno como una prioridad estratégica para el área euromediterránea. Los TSO de gas europeo promueven el desarrollo, a partir de mediados de la década de 2020, de una Red Troncal de Hidrógeno que conectaría los puntos de producción y consumo dentro de las fronteras de la UE. También estaría dirigida a transportar las importaciones desde el vecindario, como es el caso del Norte de África.

La Red Troncal de Hidrógeno propuesta por los TSO europeos no profundiza en las especificidades relacionadas con las importaciones; sin embargo, contempla la creación de infraestructura para el transporte de hidrógeno verde desde el Norte de África, el mar del Norte (Noruega y el Reino Unido), Ucrania y Grecia, y posiblemente de aquél producido en Rusia desde 2040 en adelante. De manera similar al gas natural, el transporte por tuberías es considerado la alternativa más eficiente para el movimiento de hidrógeno en grandes cantidades y recorriendo distancias largas, a diferencia de las diferentes alternativas de transporte por barco en estado líquido, o por vehículos portadores de amoníaco o líquidos orgánicos. Las estimaciones que se han hecho sobre el coste de la nueva infraestructura necesaria para el transporte del gas de hidrógeno y de la adaptación de la red ya existente implican que el transporte marítimo se verá constreñido a situaciones en las que no existe otra alternativa.³⁷ No obstante, otros competidores industriales están considerando la posibilidad de transportar por medio de combustibles portadores de hidrógeno, concretamente los de origen sintético. Esta opción cobra sentido para los intercambios intraeuropeos a corto plazo y podría compensar un desarrollo más lento o modesto de la red europea de gasoductos.

³⁵ Wang *et al.* (2020).

³⁶ Van Wijk y Chatzimarkakis (2020).

³⁷ Estudio de los TSO, referenciado como Wang *et al.* (2020).

Los combustibles sintéticos o los e-fuels podrían simplificar a largo plazo (e incluso en el futuro más inmediato, en el caso de países como Marruecos) el desafío logístico de las importaciones desde el vecindario sur por la UE.³⁸

Un estudio publicado por Agora Energiewende concluye que los costes futuros del hidrógeno verde acabarán igualándose significativamente entre el Norte de África y España. El documento afirma que las exportaciones de hidrógeno españolas desbancarán a las argelinas en los mercados de Italia y Alemania, y que aquéllas serán a su vez superadas por el hidrógeno azul proveniente de los Países Bajos. Asimismo, el estudio evalúa la viabilidad de un canal para el transporte de hidrógeno entre España y el sudeste de Francia.³⁹ La opción más barata para suministrar el hidrógeno del Norte de África conllevaría la combinación del hidrógeno con los conductos de gas natural que ya existen (*blending*), pero esto no es suficiente, pues la capacidad de transporte actual es ínfima comparada con el potencial del Norte de África en la producción de energía renovable.⁴⁰ Además, el *blending* sólo permite un porcentaje reducido (alrededor del 10%), lo que lo descarta como un estrategia para el suministro de hidrógeno a largo plazo y lo hace más adecuado para, más bien, incrementar la producción de electrolizadores y reducir sus costes. En contraposición a esto último, otro estudio, que no incluye las importaciones en su diseño, predice que habrá una cantidad de electricidad renovable variable en Europa suficiente como para producir hidrógeno verde.⁴¹ Un informe recientemente publicado por Bruegel advierte que “a la luz de las presuposiciones de la AIE acerca de costes actuales, es difícil argumentar a favor de la importación de hidrógeno producido mediante energía solar en el Norte de África.”⁴²

2.2. Barreras geoeconómicas

La literatura técnico-económica tiende a hacer hincapié en las cifras bajas en torno a los costes, pero la demanda depende de los precios, y éstos vienen dados por un número de elementos que van más allá de los costes de producción. A modo de ejemplo, los estudios técnico-económicos apuntan a la viabilidad de los intercambios de energía renovable tanto en el interior de la UE como con sus vecinos del Mediterráneo. Con todo, y a pesar de contar con la tecnología y el respaldo de la UE, el comercio europeo de electricidad obtenida a partir de fuentes de energía renovables continúa siendo limitado, en buena medida porque faltan interconexiones eléctricas para exportar el superávit energético del sur de Europa. Y el grado de interconexión es insignificante cuando nos referimos a los vecinos del sur, donde se comercia únicamente entre España y Marruecos.⁴³

38 Este documento se centra en el gas de hidrógeno, por lo que no aborda el análisis de la conversión del hidrógeno a LOHC (*liquid organic hydrogen carriers*), *e-fuels*, metanol o amoníaco, los cuales, según fuentes de la industria de los hidrocarburos, simplifican la logística del hidrógeno entre países y ofrece una perspectiva que ha de ser tenida en cuenta.

39 Agora Energiewende (2021).

40 Timmerberg y Kaltschmitt (2019).

41 DNV-GL (2020).

42 McWilliams y Zachmann (2021), p. 6-7.

43 Escribano *et al.* (2019).

Si nos centramos en el hidrógeno, la demanda dependerá, entre otros factores, del número de sectores y tipos de uso que se movilicen y el nivel de apoyo a los mismos, las interconexiones que se construyan y demás aspectos en torno a la integración de mercado, y la posibilidad de que nuevos mecanismos regulatorios y de gobernanza entren en vigor.⁴⁴ Por ejemplo, las proyecciones de empleo del hidrógeno como componente del consumo energético total y final de la UE para 2050 oscilan entre el 25%⁴⁵ y el 10%.⁴⁶ La industria gasista europea pide una mayor certidumbre política y unos objetivos de descarbonización más claros acerca del consumo de gas natural en Europa, y así activar y atraer la inversión.⁴⁷ Junto con los vacíos normativos, la falta de interconexiones intraeuropeas y euromediterráneas plantean el riesgo de un mercado regional de hidrógeno desarrollándose de forma fragmentada. Esto podría repetir la historia de un mercado de gas natural no integrado y sumar obstáculos adicionales, pero esta vez afectando a la exportación de hidrógeno verde.

Las carencias que existen respecto a la capacidad de asimilación institucional e industrial pueden igualmente actuar como una barrera geoeconómica. Uno de los grandes proyectos de la Comunicación PEV de 2021 es apoyar a Argelia a explotar su potencial en energía solar y eólica y en avanzar hacia la transición energética. Hoy por hoy, resulta difícil imaginar cómo Argelia podría atraer (y gestionar) la inversión que necesita para dar el pistoletazo de salida a su transición energética cuando aún tiene problemas para conseguirlo en un sector tradicional como el del gas natural. Como ocurre con otros países productores de petróleo y gas en Oriente Medio y el Norte de África, los exportadores mediterráneos no poseen un enfoque de políticas integrado que lidie con los desafíos de, por un lado, aumentar el porcentaje de renovables en su matriz energética, y por otro, reformar el sector de la energía con objeto de atraer la inversión.⁴⁸

Otra de las barreras económicas tiene que ver con la fijación de precios del carbono. Mientras que la Comunicación de 2021 de la PEV para el Sur aboga por el respaldo de iniciativas para fijar el precio del carbono, el contexto actual muestra que ninguno de los vecinos sureños (ni siquiera Israel) cuenta con sistemas de tarificación. Ucrania es el único país fuera de la UE que ha programado legislación en torno al comercio de derechos de emisión de carbono de la UE (ETS, por sus siglas en inglés: *Emissions Trading System*), y en Turquía aún se encuentran estudiando la fijación de precios.⁴⁹ Como consecuencia, los vecinos mediterráneos se acabarán enfrentando a ajustes del precio de carbono en las fronteras, los cuales se esperan para 2023 en sectores que son de importancia para sus economías nacionales, como la industria química y los fertilizantes.⁵⁰ Las exportaciones de electricidad también se verán sujetas a ajustes en frontera sobre el impuesto del carbono, y todo apunta a que el hidrógeno podría gravarse en el futuro, pues no hay un mecanismo de

44 En cualquier caso, para algunos actores de relevancia el marco regulatorio europeo no es una barrera, pues el desempeño por actualizarlo es una realidad en curso y la inclusión del hidrógeno está contemplada como uno de sus objetivos primarios, de forma que ocupa un lugar prioritario en la agenda europea en torno a la normatividad energética.

45 Hydrogen Europe (2019).

46 Shell (2020).

47 Eurogás & EBA (2020).

48 Poudineh *et al.* (2021).

49 Banco Mundial (2020).

50 Parlamento Europeo (2020).

fijación de precios que se extienda a los vecinos mediterráneos. Sin embargo, hay fuentes de la industria gasista que consideran prematuro definir este aspecto como una barrera, principalmente debido a que se trata de un problema que todavía no ha aparecido en el caso del hidrógeno.

Por último,⁵¹ persiste la incertidumbre en relación al impacto económico ligado a otras normas europeas, como sería, por ejemplo, la implementación de la taxonomía de la UE y su normativa sobre daños y perjuicios serios (*Do No Significant Harm*, DNSH), la cual codifica los umbrales que alinean la producción de hidrógeno con la taxonomía.⁵² En cualquier caso, un acto delegado (*Delegated Act*, AD) de la Comisión Europea, en fase de debate cuando se realizó este estudio,⁵³ será el que establezca el criterio legal que sirva para dirimir cuándo una actividad contribuye a la mitigación o adaptación frente al cambio climático y se adhiere a los requisitos DNSH.⁵⁴ Para minimizar el impacto del clima sobre estas actividades, los criterios de mitigación vienen acompañados de los criterios de adaptación.⁵⁵ Los debates⁵⁶ y divisiones políticas presentes en el Parlamento Europeo en torno a la aprobación de la taxonomía del acto delegado constituyen otro foco de incertidumbre.⁵⁷ Si bien, a día de hoy, la industria gasística se muestra convencida de que las tecnologías de producción de hidrógeno más limpias con las que cuentan son compatibles con los umbrales mencionados anteriormente.

Otra causa más de incertidumbre en el desarrollo del mercado de hidrógeno es la tan esperada finalización de las pautas de implementación del Acuerdo de París. Ha emanado de las conversaciones recientes que los artículos 6.2 y 6.4 del acuerdo pueden apoyar el desarrollo de los mercados de hidrógeno,⁵⁸ especialmente a medida que los compromisos climáticos de los países se están ajustando al objetivo de neutralidad del carbono en 2050, o poco después. Se ha sugerido que el Mecanismo de Acreditación Conjunta de Japón, un mecanismo bilateral para el comercio de emisiones de carbono, podría servir de guía para los mecanismos de mercado contemplados en el artículo 6 y, por consiguiente, ser una

51 Estos dos últimos puntos fueron propuestos por Lara Lázaro.

52 Los umbrales de la taxonomía serían: "emisiones directas de CO₂ a partir de la producción de hidrógeno: 0.95 tCO₂e/t Hidrógeno; uso de electricidad para producir hidrógeno mediante electrólisis igual o inferior a MWh/t Hidrógeno; media de la intensidad de carbono de la electricidad producida para la manufacturación de hidrógeno igual o inferior a 100 gCO₂e/kWh (Umbral para la producción eléctrica de la taxonomía, sujeto a actualizaciones periódicas)". Grupo Técnico de Expertos en Finanzas Sostenibles de la UE (2019).

53 Comisión Europea (2020a).

54 En la actualidad, el Anexo I del Reglamento Delegado que Suplementa al Reglamento (*Delegated Regulation Supplementing Regulation*) (UE) 2020/852 de la Comisión sobre mitigación incluye: la manufacturación de tecnologías de electrólisis de hidrógeno. De cara a la producción de hidrógeno, requiere cumplimiento en relación al "requisito de 80% de ahorro del ciclo de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) relativo a un comparador de combustibles fósiles de 94g CO₂e/MJ [resultando en 2.256 tCO₂e/tH₂]. También se incluyen la construcción y operación de instalaciones de almacenamiento de hidrógeno. La construcción y operación de redes de hidrógeno y la readaptación y reacondicionamiento de redes de gas están incluidas siempre y cuando su objetivo principal es integrar H₂ y otros gases bajos en emisiones en las redes de distribución. Lo mismo ocurre con la infraestructura de repostaje de hidrógeno para la movilidad personal y el transporte por agua y aire de emisión baja". Comisión Europea (2020b).

55 Comisión Europea (2020c).

56 Para un análisis crítico del borrador del Acto Delegado de la Taxonomía (*Delegated Act of the Taxonomy*) desde una perspectiva de sociedad civil, véase T&E (2020).

57 Simon (2021).

58 Michaelowa et al. (2020).

iniciativa de prueba para la exportación de hidrógeno verde en el marco del Acuerdo de París.⁵⁹ Aún no se ha alcanzado un entendimiento en este sentido y, consecuentemente, podemos considerar la ausencia de pautas de implementación para los mecanismos de mercado y otros mecanismos como una barrera frente al desarrollo del mercado H₂.

En resumen, los mercados de hidrógeno en el Mediterráneo tienen sentido desde una perspectiva económica, en tanto que hay una variedad de impulsores que respaldan su desarrollo, tanto a nivel de la UE en primera instancia, como en lo que se refiere a los países vecinos en el largo plazo. No obstante, la incertidumbre en torno a la demanda persiste debido a los precios, la inclusividad de las medidas de apoyo (por ejemplo, en el aspecto transfronterizo), la adopción de estándares y marcos regulatorios adecuados (que incluyan la tarificación del carbono), y los sectores que abarcará. Aunque es cierto que el incremento de los precios del CO₂ pueden fomentar la competitividad comercial del hidrógeno verde, existe un consenso generalizado que alude a la necesidad de medidas de apoyo para avanzar en su desarrollo. Aquí aparece la cuestión sobre el riesgo de no inclusividad cuando un Estado miembro introduce algún tipo de mecanismo de apoyo dirigido a cualquier rama de la industria del hidrógeno que es inaccesible para otros países.

⁵⁹ Michaelowa y Butzengeiger (2019).

3 H₂ Med: impulsores y barreras geopolíticas

Este epígrafe comienza con las barreras geopolíticas que afronta el hidrógeno en el Mediterráneo para luego concluir con una visión más optimista sobre los *drivers* que podrían facilitar su desarrollo. La Figura 10 ofrece un resumen para las dos categorías de factores, donde se incorporan la sostenibilidad y el clima como impulsores/barreras geopolíticas dadas sus implicaciones en seguridad humana y medioambiental para el conjunto de la región euromediterránea.⁶⁰

Figura 10. Impulsores y barreras geopolíticas H₂ Med

Impulsores geopolíticos	Barreras geopolíticas
<ul style="list-style-type: none"> - El Pacto Verde y diplomacia climática - H₂ como política de cooperación - Autonomía estratégica - Nuevas interdependencias - Salvavidas para exportadores de petróleo y gas - Mitigación del cambio climático - Poder blando verde - Sostenibilidad - H₂ como prioridad estratégica euromediterránea 	<ul style="list-style-type: none"> - Narrativas geopolíticas y de seguridad energética divergentes - Mercantilismo de las renovables - Colonialismo verde - Gestión de riesgos geopolíticos - Nuevas dependencias y vulnerabilidades - Gobernanza de los recursos energéticos - Aplicación de criterios de sostenibilidad - Evitar bloqueos geopolíticos - Cambios en la economía política de los exportadores de petróleo y gas

Nota: la sostenibilidad y el clima se incluyen como impulsores/barreras dadas sus implicaciones para la seguridad humana y medioambiental.

Fuente: revisión de la literatura relevante y consultas con actores relevantes.

3.1. Barreras geopolíticas

Como quedaba demostrado en el análisis geoeconómico anterior, una barrera geopolítica para la integración del mercado de hidrógeno en la dimensión interna de la UE podría ser la conflictividad resultante de itinerarios para el hidrógeno y enfoques geopolíticos y de seguridad energética parcialmente divergentes. La perspectiva de unos mercados de hidrógeno intraeuropeos cerrados o semicerrados de cara al horizonte temporal 2030-40, o en fechas ulteriores en el caso de los vecinos mediterráneos, plantea el riesgo de vernos atrapados en un nuevo mercantilismo de las renovables. Al mismo tiempo, esta realidad supondría un deterioro del despliegue y cooperación en materia de energía renovable en el seno de Europa y, en el medio y largo plazo, también en la vecindad mediterránea.

⁶⁰ Escribano y Lázaro (2020).

El hidrógeno encierra riesgos geopolíticos intrínsecos a la seguridad energética, pero con la ventaja de un ámbito geográfico más reducido que en comparación con el gas natural, dado que la producción europea representa una aportación significativa. Esto reduce la vulnerabilidad al reducir la dependencia respecto a las importaciones, mientras que los beneficios derivados de la diversificación geográfica dependen del perfil de riesgo geopolítico de los nuevos suministradores. De igual manera, el hidrógeno acarrea nuevas dependencias y vulnerabilidades. Algunas tienen implicaciones industriales, por ejemplo, la competición con la producción de electrolizadores de China. Otras implican el riesgo de desfase en desarrollo e investigación, como en el caso de las patentes de tecnologías relacionadas y su implementación de mercado. Por lo que sabemos, nadie ha llevado a cabo todavía un análisis geopolítico completo de la cadena de valor del hidrógeno.

En cuanto al Mediterráneo, la geopolítica adquiere matices muy diferentes según nos refiramos a sus orillas norte o sur. En la Europa mediterránea, el potencial de las energías solar y eólica es elevado y las barreras geopolíticas se centran principalmente en las diferencias entre las estrategias nacionales. Los riesgos geopolíticos en torno a la seguridad energética y la sostenibilidad son bajos y los conflictos se circunscriben a la cuestión de las interconexiones y el acceso al mercado. En cambio, el riesgo geopolítico en la vecindad mediterránea es mucho mayor, aunque varía sustancialmente en función del país.

Por ejemplo, los fracasos de la iniciativa Desertec y el Plan Solar Mediterráneo encuentran su explicación en errores de cálculo de índole económica y geopolítica, pero es innegable que la ola de inestabilidad que sacudió la región tras la llamada Primavera Árabe agravó considerablemente los riesgos percibidos en torno a la seguridad energética.⁶¹ En el vecindario del Mediterráneo, los riesgos geopolíticos plantean una barrera difícil de penetrar para cualquier inversión, sobre todo cuando ésta va dirigida a proyectos nuevos, como las plantas de producción de energía renovable, electrolizadores e infraestructura de transporte. Por supuesto, esto afecta tanto a los sectores de hidrógeno renovable como a los países vecinos que, en teoría, cumplen con los criterios económicos y la mayoría de los concernientes a la sostenibilidad.⁶²

En el largo plazo, readaptar la infraestructura de gasoductos existente implicará la renovación de los patrones geográficos del comercio de gas con proveedores como Argelia, pero además facilitará el tránsito por países como Marruecos, Túnez o Turquía para acceder a los mercados europeos. En este sentido, a pesar de que el futuro de la geopolítica del hidrógeno vaticina un ámbito geográfico más reducido, las interdependencias intraeuropeas y euromediterráneas están llamadas a aumentar en su lugar.⁶³ Así, hay un cierto grado de preocupación de que ello podría traducirse en la sustitución de la dependencia energética europea de los petro-Estados por otra de los “electro-Estados” –*electro-states*– (cuya identidad podría coincidir o no).⁶⁴

61 Carafa y Escribano (2017).

62 Escribano (2019).

63 Liakopoulou (2020).

64 Bordoff (2020).

Por otra parte, dicha preocupación suscita la cuestión de una gobernanza de recursos débil en algunos de los países mediterráneos, lo que se suma a los riesgos y conflictos geopolíticos relacionados con los valores de la UE.⁶⁵ Pese a que prima un consenso que considera que las dinámicas de la maldición de los recursos *–resource curse–* son menos probables en el ámbito de las renovables que con los hidrocarburos, la falta de un criterio claro para la gobernanza de los recursos podría afectar negativamente la sostenibilidad geopolítica. Las sospechas de un “colonialismo del hidrógeno verde” también levantan barreras geopolíticas ligadas a una mala gobernanza de los recursos.⁶⁶

Encontramos dilemas similares en cuanto a la implementación de los criterios de sostenibilidad, que se define aquí como un factor impulsor vinculado a la acción exterior de la UE. Autores han sugerido que el establecimiento de un estándar de sostenibilidad integral contribuiría a la realización de, al menos, seis Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG), particularmente el SDG 6 (agua limpia), SDG 7 (energía limpia y asequible), SDG 8 (trabajo decente y crecimiento económico), SDG 9 (industria, innovación e infraestructura), SDG 12 (consumo y producción responsables) y SDG 13 (acción climática).⁶⁷

Cumplir con todos ellos supone un desafío importante para un buen número de vecinos mediterráneos que experimentan diferentes combinaciones de escasez de agua, estrés medioambiental, el incremento de la demanda doméstica de electricidad, matrices energéticas con emisiones elevadas de carbono, una gobernanza de los recursos errática, precios y sectores de la energía altamente subsidiados, una gran vulnerabilidad al cambio climático, y un amplio margen de mejora de sus ambiciones y políticas climáticas. La escasez del agua es particularmente acuciante. Además de impedir la realización del SDG 6, exige apoyarse en la desalinización y, por consiguiente, entraña mayores costes y evaluaciones del ciclo de vida del carbono. No obstante, también se ha argumentado que la desalinización permitiría la creación de sinergias en el nexo entre energía y agua, de forma que las plantas de generación de hidrógeno verde podrían actuar como compradores clave para las plantas de desalinización.⁶⁸

Todo esto viene acompañado de la geopolítica del carbono subyacente a la política de incentivos dirigida a los vecinos mediterráneos en el afán por empujarlos a adoptar mecanismos de tarificación del carbono y evitar su exposición a ajustes en las fronteras exteriores. O con vistas a prevenir bloqueos geopolíticos resultantes de la construcción de infraestructura en países sin expectativas de introducir dichos mecanismos ni preparados para entrar en armonía con criterios de sostenibilidad o de buena gobernanza de los recursos. En el Mediterráneo oriental nos encontramos con esta coyuntura, lo que afecta, por ejemplo, a las iniciativas de construcción de nuevos conductos e infraestructura de exportación. El proyecto EastMed, que comunicaría los yacimientos marítimos de gas desde Israel hasta Chipre, ha sido objeto de críticas por su pobre alineamiento con el Pacto Verde

⁶⁵ Por ejemplo, hay evidencia empírica que muestra que el patrón de importaciones de petróleo y gas de la UE no va íntegramente en sintonía con sus propios principios de buena gobernanza de los recursos naturales (Escribano *et al.*, 2020).

⁶⁶ Véase Scita *et al.* (2020) y Showers (2014).

⁶⁷ Wietschel *et al.* (2020).

⁶⁸ RaviKumar Bhagwat y Olczak (2020).

la UE, pero sus defensores alegan que el proyecto podría ser fácilmente readaptado para el transporte de hidrógeno.

Esta narrativa tiende a ignorar las barreras en torno al carbono⁶⁹ previamente mencionadas, y lo mismo suele ocurrir con otras propuestas, como las interconexiones eléctricas euroasiáticas y euroafricanas. Igualmente omite los riesgos geopolíticos ligados a la consecución de proyectos energéticos a largo plazo en regiones inestables, donde las rivalidades abundan y pueden incluso intensificarse como consecuencia de la transición energética. Además, en algunos casos, está la problemática de unos recursos solares y eólicos cuantiosos que se topan con incertidumbres interpuestas por la escasez híbrida, la gobernanza de los recursos y los derechos humanos. La Comisión Europea ha dejado claro que pretende establecer normas “adecuadas” aplicables al comercio de hidrógeno con Marruecos y Ucrania.⁷⁰

Una disputa reciente entre Marruecos y Alemania (alentada presuntamente por la postura de Berlín acerca de la cuestión del Sáhara Occidental) apunta a los límites de los acuerdos de cooperación a la hora de suavizar las diferencias políticas que prevalecen cuando trofeos geopolíticos de mayor magnitud están en juego.⁷¹ En Egipto, el potencial de las renovables convive con una producción basada en los hidrocarburos que, en el ámbito doméstico, se encuentra fuertemente subsidiada, sin olvidarnos de un modelo de gobernanza autoritario y rezagado en la formulación e implementación de políticas climáticas. Por último, la transición energética traerá consigo la reconfiguración de los equilibrios de economía política entre los propios países productores de petróleo y gas del Mediterráneo, de manera que existe la posibilidad de unas elites resistiéndose al cambio y obstruyendo la vía de las renovables.

3.2. Impulsores geopolíticos

Los *drivers* geopolíticos del hidrógeno codificados en las estrategias europeas van desde el Pacto Verde Europeo y la diplomacia climática hasta la conceptualización del H₂ como oportunidad para la concreción de políticas de cooperación con socios y terceros países. El objetivo de conseguir la neutralidad de carbono en 2050 plantea el desafío de desarrollar el hidrógeno verde a escala comercial, pues va a jugar un papel fundamental en la sustitución del gas natural. Como ocurre con los impulsores geoeconómicos, las estrategias europeas de H₂ identifican una serie de impulsores geopolíticos para este tipo de energía. La diplomacia del hidrógeno (acuerdos, memorandos, cooperación, redes y reuniones con actores interesados, etc.) aspira a consolidar una dinámica de minimización de riesgos geopolíticos.⁷² El hidrógeno, a su vez, representa una herramienta que puede mejorar la autonomía estratégica y la seguridad energética de la UE. La reducción de la dependencia energética y tecnológica es otro factor que las estrategias comunitarias para el hidrógeno

69 EMBER (2020).

70 Kate Abnett y Vera Eckert (2020), “EU wants rules on hydrogen trade with partners – bloc’s energy chief”, Reuters, 5/X/2020, <https://www.reuters.com/article/germany-eu-energy-ministers-idUSL8N2GW3V6>.

71 DW (2021), “Morocco cuts contact with German Embassy”, 2/III/2021, <https://www.dw.com/en/morocco-cuts-contact-with-german-embassy-reports/a-56741809?maca=en-Twitter-sharing>.

72 Westphal *et al.* (2020); Wietschel *et al.* (2020).

tienden a tener en cuenta, junto con la diversificación de proveedores, tecnologías y cadenas de valor.

El discurso que argumenta a favor de la creación de interdependencias nuevas integra algunos de los beneficios geopolíticos ligados al hidrógeno. A modo de ejemplo, los nexos H₂ podrían sustituir a las interconexiones gasísticas (si bien a una escala menor) y replicar, hasta cierto punto, su importancia geopolítica. Asimismo, la reconfiguración ofrecería un “salvavidas” a los exportadores de hidrocarburos, bien mediante la aceptación temporal del hidrógeno azul en las importaciones, o a través del respaldo a la transición progresiva hacia el hidrógeno verde. Rusia está valorando estas y otras alternativas para el hidrógeno, en una primera fase de complementariedad, y posterior sustitución (descarbonización) de sus exportaciones de gas con la UE.⁷³

Sin embargo, la narrativa del “salvavidas” afronta varias limitaciones, comenzando por una ventana de oportunidad bastante estrecha. En segundo lugar, entra en colisión con los criterios de sostenibilidad, tanto en el aspecto de satisfacer la demanda doméstica mediante fuentes de energía renovable y liberar recursos fósiles orientados a la exportación, como con la estrategia opuesta de exportar superávits de energía renovable y dirigir los hidrocarburos al consumo doméstico. En cualquier caso, los patrones de interdependencia emergentes en torno al hidrógeno ofrecen oportunidades a los actores actualmente centrados en el gas natural como a los recién llegados a la energía verde. Que la UE defina al hidrógeno como su nueva prioridad estratégica para el Mediterráneo manda un mensaje claro acerca de la centralidad del hidrógeno en la transición energética de la UE, y cada vez más en su vecindad.

Otro factor de impulso es el poder blando (verde), esto es, el ofrecimiento de un mercado de mercado atractivo y limpio basado en el hidrógeno verde, con expectativas creíbles hacia la integración de los vecinos mediterráneos en el largo plazo. Aquí, aparece el valor añadido de convertirse en un acompañante de la transición energética del país o la región, haciendo envíos a los países vecinos o absorbiendo sus superávits en energía renovable. Implica igualmente consolidar una cooperación técnica, tecnológica e industrial mutuamente beneficiosa. Con todo, los impulsores más importantes parecen ser la mitigación del cambio climático y los objetivos de sostenibilidad. Hay un amplio consenso que defiende que, independientemente del tamaño del mercado o los niveles de despliegue alcanzados, el hidrógeno es necesario para conseguir el objetivo de neutralidad de carbono de la UE. También daría una ayuda a los países mediterráneos hacia el cumplimiento de los objetivos climáticos, a la luz de los riesgos cada vez más acuciantes en la región.

En conjunto, el mapeo de los impulsores y barreras geopolíticas del hidrógeno muestra los dilemas con los que lidia la acción exterior europea en este campo y el papel que la geopolítica continúa jugando a día de hoy. Algunos elementos pueden ser interpretados como impulsores y barreras al mismo tiempo, como serían los casos de las diferentes aproximaciones hacia el clima y la sostenibilidad, o la tensión resultante de nuevas dependencias e interdependencias. De forma similar al orden de mérito de la descarbonización propuesto en el apartado

⁷³ Mitrova *et al.* (2019).

anterior, un orden geopolítico de mérito tiene que ser diseñado de tal manera que sea compatible con los horizontes temporales de las múltiples partes interesadas: primero, el desarrollo del mercado de hidrógeno a nivel intraeuropeo, y después, las importaciones desde aquellos vecinos donde los impulsores compensan claramente las barreras, o bien puedan ser superadas razonablemente en el futuro. La pregunta final abre la incógnita sobre qué significa el término de hidrógeno mediterráneo de “bajo coste” en realidad, si se tienen en cuenta, por ejemplo, los derechos humanos o el medioambiente, y hasta qué punto deberían estos costes verse integrados en los criterios geopolíticos y de sostenibilidad.

Para terminar, si comparamos con iniciativas pasadas como Desertec o el Plan Solar Mediterráneo, los impulsores económicos del abaratamiento de los costes de producción de las renovables o el incremento de los precios del carbono han mejorado el contexto, pero han surgido otras barreras (por ejemplo, los ajustes en frontera del precio del carbono) que con toda probabilidad darán oxígeno a la reproducción de una geopolítica similar a la del gas natural. Desde una perspectiva geopolítica, las divergencias entre las estrategias de los Estados miembros continúan estando vigentes y, además, se ven agravadas por la geopolítica del carbono. Aún más importante, el contexto geopolítico en el vecindario del Mediterráneo ha seguido deteriorándose. Hoy por hoy, el número de países que podría beneficiarse (incluso, con vistas al largo plazo) de un conjunto significativo de *drivers* que compense la multiplicidad de barreras en pos del hidrógeno parece bastante limitado.

Conclusiones

Este *Policy Paper* tiene como objeto explicar los *drivers* y barreras geoeconómicos y geopolíticos a los que se enfrenta la formación de un mercado de hidrógeno integrado en los espacios europeo y euromediterráneo. El estudio analiza, en primer término, las narrativas geoeconómicas y geopolíticas que subyacen a las estrategias para el hidrógeno de la UE, los Países Bajos, Francia, Alemania, Portugal y España, así como los principales rasgos de las estrategias y planes de otros países. Luego se adentra en los impulsores y barreras geoeconómicos y geopolíticos del hidrógeno en el Mediterráneo, siendo identificados a partir de una revisión de las diferentes estrategias, la literatura académica, gris y publicada por *think tanks*, para después completar los resultados mediante consultas y conversaciones con actores relevantes y conocimiento de primera mano sobre el tema. Este apartado de conclusiones resume los resultados y reflexiona acerca de la combinación de elementos que podrían acelerar la aceptación y desarrollo de un mercado de hidrógeno euromediterráneo:

1. Pese a que el entusiasmo europeo por el hidrógeno y sus previsiones internacionales es un driver por sí mismo, la inconsistencia prevalente en ciertos aspectos de política exterior de las estrategias europeas para el hidrógeno genera barreras geoeconómicas y geopolíticas. Las aproximaciones divergentes hacia el hidrógeno verde, azul y rosa son los obstáculos más visibles, aunque las diferentes inclinaciones entre narrativas de autosuficiencia *versus* complementariedad de importación/exportación son igualmente preocupantes. El desarrollo de un mercado de hidrógeno integrado en Europa y garantizar el comercio transfronterizo sin restricciones, tal y como establece la Estrategia para el Hidrógeno de la UE, es una prioridad para armonizar el potencial exportador y las necesidades de importación de los Estados miembros, así como de cara a una descarbonización europea eficiente.
2. Hay varios *drivers* geoeconómicos que respaldan el desarrollo de un mercado de hidrógeno mediterráneo. Recursos renovables abundantes, la infraestructura existente y costes de transporte relativamente bajos auguran que el hidrógeno verde será competitivo a lo largo de la década. Se prevé un comercio intraeuropeo ya entre 2025 y 2030, mientras que las importaciones desde países vecinos pueden producirse de 2040 en adelante. No obstante, persisten incertidumbres en torno a los precios, la cobertura, magnitud y extensión de las medidas de apoyo (por ejemplo, si incluirán cooperación transfronteriza, tanto dentro de la UE como con sus vecinos), la adecuación de los marcos normativos y su interacción con la fijación de precios del carbono.
3. La geopolítica, aunque quizá a una escala y alcance menores, seguirá desempeñando un papel relevante en cualquier modalidad futura del mercado de hidrógeno, especialmente en lo referente a la definición de la forma y los límites de un espacio euromediterráneo dedicado al hidrógeno. La geopolítica del mediterráneo ofrece tanto impulsores como barreras de envergadura en lo concerniente a objetivos de seguridad energética, sostenibilidad, gobernanza y política exterior. Al igual que con la geoeconomía, establecer unas prioridades geopolíticas daría primacía a la integración

y los intercambios europeos antes de promover la cooperación con aquellos vecinos cuyos *drivers* geopolíticos superan con creces a las barreras. En cualquier caso, las estrategias europeas para el hidrógeno en el Mediterráneo (y en otros lugares) deberían incluir criterios geopolíticos y de sostenibilidad claramente establecidos.

4. A partir de un análisis preliminar de los *drivers* y barreras para el hidrógeno, se puede articular una combinación de impulsores que podría compensar positivamente a las barreras. Dicha combinación incluiría algunos de los elementos siguientes:
 - Una gestión prudente de las expectativas y más investigación reducirán las incertidumbres en torno a la economía y la geopolítica del hidrógeno en el Mediterráneo.
 - Diferenciación verde: *drivers* tanto geopolíticos y geoeconómicos mediterráneos favorecen al hidrógeno verde.
 - Integración europea: el desarrollo de un mercado de hidrógeno verde integrado en Europa requiere infraestructuras para la creación de corredores Norte-Sur.
 - Inclusividad industrial: es preciso garantizar que las políticas europeas y nacionales, junto con la cooperación industrial, sean accesibles a todos los Estados miembros.
 - Es necesario promover la cooperación con los vecinos mediterráneos para la creación de mecanismos de gobernanza basados en criterios de sostenibilidad claros y transparentes.
 - Sería conveniente evaluar la posibilidad de una narrativa transicional con los países productores de petróleo y gas en el Mediterráneo sin abandonar el compromiso de la UE con la sostenibilidad.

Por último, es necesario perfeccionar las políticas públicas y ampliar la investigación sobre su diseño transfronterizo, si se desea reducir las incertidumbres actuales concernientes a la magnitud y extensión que condicionan las interacciones entre impulsores y barreras. Además de implementar itinerarios de políticas que sean claros y que brinden apoyo, es fundamental profundizar en la investigación en economía y política internacional del hidrógeno y los nexos entre ellas, para así poder abordar cuestiones emergentes, como la geoeconomía y la geopolítica del carbón, o las maneras de implementar criterios de sostenibilidad. Este mismo *Policy Paper* podría ampliarse para cuantificar y calificar los impulsores y barreras ya identificados (e intentar idear otros nuevos). También podría contribuir al desarrollo de un criterio geopolíticamente sostenible para los vecinos del Mediterráneo (u otros socios) interesados en desarrollar el hidrógeno e integrarse con los mercados europeos. Los mercados internacionales de hidrógeno son inminentes y aún se conoce muy poco acerca de sus contornos geopolíticos, su gobernanza y sus riesgos. Es hora ya de prepararse para sus implicaciones geopolíticas en el futuro.

Referencias

- AIE (2019), "The Future of Hydrogen", AIE, París, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.
- Agora Energiewende y AFRY Management Consulting (2021), "No-regret hydrogen: charting early steps for H₂ infrastructure in Europe", https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2021/2021_02_EU_H2Grid/A-EW_203_No-regret-hydrogen_WEB.pdf.
- Arat, Hüseyin T., Mustafa K. Baltacıoğlu, Bahattin Tanç, Meryem G. Sürer y Ibrahim Dincer (2020), "A perspective on hydrogen energy research, development and innovation activities in Turkey", *International Journal of Energy Research*, vol. 44, nº 2, p. 588-593, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/er.5031>.
- Banco Mundial (2020), "State and trends of carbon pricing 2020", Washington DC, Mayo, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>.
- Bieliszczuk, Bartosz (2020), "Clean gas: prospects of hydrogen energy development in the EU", *PISM Bulletin*, nº 168, 12/VIII/2020, https://pism.pl/publications/Clean_Gas__Prospects_of_Hydrogen_Energy_Development_in_the_EU.
- Bordoff, Jason (2020), "Everything you think about the geopolitics of climate change is wrong", *Foreign Policy*, 5/X/2020, <https://foreignpolicy.com/2020/10/05/climate-geopolitics-petrostates-russia-china/>.
- Bouacida, I., y N. Berghmans (2020), "Hydrogen Plan in Europe: the conditions for success", IDDRI, 24/IX/2020, <https://www.iddri.org/en/publications-and-events/blog-post/hydrogen-plan-europe-conditions-success>.
- Carafa, Luigi, y Gonzalo Escribano (2017), "Renewable energy in the Mena countries: why did the Desertect Approach fail?", en Robert E. Looney (Ed.), *Handbook of Transitions to Energy and Climate Security*, Routledge, Oxon, p. 66-78.
- COAG Energy Council (2019), "Australia's National Hydrogen Strategy", <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-11/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>.
- Comisión Europea (2020), *A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe*, Bruselas, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN>.
- Comisión Europea (2020a), "Commission Delegated Regulation (EU) ... supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives", https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12302-Climate-change-mitigation-and-adaptation-taxonomy%23ISC_WORKFLOW.

Comisión Europea (2020b), “ANNEX 1 to the Commission Delegated Regulation (EU) .../... supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives”.

Comisión Europea (2020c), “ANNEX 2 to the Commission Delegated Regulation (EU) .../... supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives”.

Comisión Europea (2021), *Renewed Partnership with the Southern Neighbourhood*, Oficina del Alto Representante de la Unión Europea para Asuntos Exteriores y Política de Seguridad, Bruselas, https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/joint_communication_renewed_partnership_southern_neighbourhood.pdf.

Consejo Mundial de Energía (2020), *International Hydrogen Strategies*, El Consejo Mundial de Energía Alemania, Septiembre, https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2020/10/WEC_H2_Strategies_finalreport.pdf.

Departamento de Energía de Estados Unidos (2020), “Hydrogen strategy: enabling a low-carbon economy”, Oficina de Combustibles Fósiles, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf.

DNV-GL (2020), “European carbon neutrality: the importance of gas”, *Report No. OGNL.180049*, 30/VI/2020, <https://eurogas.org/website/wp-content/uploads/2020/06/DNV-GL-Eurogas-Report-Reaching-European-Carbon-Neutrality-Full-Report.pdf>.

Eichhammer, W., *et al.* (2019), *Study on the opportunities of ‘Power-to-X’ in Morocco*, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Febrero.

EMBER (2020), “The path of least resistance”, *Sandbag*, Enero, <https://ember-climate.org/wp-content/uploads/2020/10/Ember-Path-of-least-resistance-2020.pdf>.

Escribano, G. (2019), “The geopolitics of renewable and electricity cooperation between Morocco and Spain”, *Mediterranean Politics*, vol. 24, nº 5, p. 674-681, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13629395.2018.1443772>.

Escribano, Gonzalo, y Lara Lázaro (2020), “Balancing geopolitics with Green Deal recovery: in search of a comprehensive Euro-Mediterranean energy script”, *ARI*, nº 95/2020, Real Instituto Elcano, 15/VII/2020, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_en/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_in/zonas_in/ari95-2020-escribano-lazaro-balancing-geopolitics-with-green-deal-recovery.

- Escribano, Gonzalo, Lara Lázaro, Yolanda Lechón *et al.* (2019), "Geopolitical context for CSP in Europe", Entregable 6.4, proyecto MUSTEC, Real Instituto Elcano, Madrid, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/riecano_en/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_in/zonas_in/mustec-2019-escribano-lazaro-lechon-oltra-sala-geopolitical-context-for-csp-in-europe.
- Escribano, Gonzalo, Juan Diego Paredes-Gázquez y Enrique San-Martín (2020), "The European Union and the good governance of energy resources: practicing what it preaches?", *Energy Policy*, nº 147:111884, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421520305991>.
- Eurogás y EBA (2020), "Proposal for binding 2030 EU-level targets to lower the greenhouse gas intensity of gas consumed in Europe and increase the demand for renewable gas", Septiembre, <https://eurogas.org/website/wp-content/uploads/2020/09/Joint-Position-Paper-of-Eurogas-and-EBA-Call-for-Renewable-and-Decarbonised-Gas-Target.pdf>.
- Frontier Economics (2018), "International Aspects of a Power-to-X Roadmap", Consejo Mundial de Energía Alemania, Octubre, <https://www.frontier-economics.com/media/2642/frontier-int-ptx-roadmap-stc-12-10-18-final-report.pdf>.
- Furfari, Samuele, y Henri Masson (2021), "Why is industrial hydrogen produced from natural gas and not by water electrolysis?", *European Scientist*, 24/III/2021, https://www.europeanscientist.com/en/features/why-is-industrial-hydrogen-produced-from-natural-gas-and-not-by-water-electrolysis/?utm_source=Energy+geopolitics&utm_campaign=b9a01bba4c-EMAIL_CAMPAIGN_2020_11_29_10_17_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_1fc3386348-b9a01bba4c-413909221.
- Grupo Técnico de Expertos en Finanzas Sostenibles de la UE (2019), "Taxonomy Technical Report", Junio, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf.
- Hydrogen Europe (2019), "Hydrogen Europe Roadmap", Informe preparado para el Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking, https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Roadmap%20Europe_Report.pdf.
- Hydrogen Europe (2020), "National Hydrogen Strategies", Diciembre, https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/Map_%20National%20H2%20Strategies.pdf.
- IRENA (2019), "Hydrogen: A Renewable Energy Perspective", Septiembre, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf.
- IRENA (2020), "Green hydrogen. A guide to policy making", Agencia Internacional de las Energías Renovables, Abu Dabi, <https://www.irena.org/publications/2020/Nov/Green-hydrogen>.
- Kakoulaki, G., I. Kougias, N. Taylor, F. Dolci, J. Moya y A. Jäger-Waldau (2021), "Green hydrogen in Europe – A regional assessment: substituting existing production with electrolysis powered by renewables", *Energy Conversion and Management*, nº 228:113649, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113649>.

Kiefer, Christoph P., y Pablo del Río (2020), "Analysing the barriers and drivers to concentrating solar power in the European Union. Policy implications", *Journal of Cleaner Production*, nº 251:11940, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619342702>.

Lázaro, Lara, y Gonzalo Escribano (2021), "Siete tendencias climáticas y energéticas a seguir en 2021", *ARI*, nº 7/2021, Real Instituto Elcano, 20/1/2021, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/ari7-20201-lazaro-escribano-siete-tendencias-climaticas-y-energeticas-a-seguir-en-2021.

Liakopoulou, Mariana (2020), "Towards an EU hydrogen economy: policy and energy security perspectives", *ELIAMEP Policy Paper*, nº 43/2020, Noviembre, <https://www.eliamep.gr/en/publication/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%89%CF%80%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CE%AE-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1-%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%8C%CE%BD/>.

McKinsey (2021), "Hydrogen insights. A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness", Febrero, <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>.

McWilliams, Ben, y Georg Zachmann (2021), "Navigating through hydrogen", Bruegel Policy Contribution nº 08/21, Abril, https://www.bruegel.org/wp-content/uploads/2021/03/PC-08-2021_.pdf.

Michaelowa, Axel, Sonja Butzengeiger, Romain Debarre, Adnan Shihab Eldin, Richard Forrest, Claude Mandil y Antoine Rostand (2020), "Promoting carbon-neutral hydrogen through Unfccc and national-level policies", Task Force 2, Climate Change and Environment, T20, Arabia Saudí, https://www.perspectives.cc/fileadmin/Publications/Promoting_carbon-neutral_hydrogen_through_UNFCCC_and_national-level_policies.pdf.

Michaelowa, Axel, y Sonja Butzengeiger (2019), "Breakthrough of hydrogen technologies until 2030: chances and risks for Gulf countries. International policy implications", Academia Diplomática de Emiratos, https://eda.ac.ae/docs/default-source/Publications/eda-insight_hydrogen-economy_en_final.pdf?sfvrsn=2.

Ministerio de Asuntos Económicos y Política Climática de Países Bajos (2020), "Government Strategy on Hydrogen", La Haya, <https://www.government.nl/documents/publications/2020/04/06/government-strategy-on-hydrogen>.

Ministerio de Economía, Comercio e Industria (2019), "The strategic road map for hydrogen and fuel cells. Industry-academia-government action plan to realize a 'Hydrogen Society'", Consejo Estratégico para el Hidrógeno y las Células Fósiles 12/III/2019, https://www.meti.go.jp/english/press/2019/pdf/0312_002b.pdf.

Ministerio de Economía, Finanzas y Recuperación de Francia (2020), "National Strategy for the Development of Decarbonised Hydrogen in France", París, https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/secteurs-d-activite/industrie/decarbonation/dp_strategie_nationale_pour_le_developpement_de_l_hydrogene_decarbone_en_france.pdf.

- Ministerio de Energía, Gobierno de Chile (2020), "Estrategia Nacional Hidrógeno Verde", noviembre, https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf.
- Ministerio de Energía, Minas y Medioambiente de Marruecos (2021), "Morocco-Portugal Declaration of Cooperation on Green Hydrogen", 2/II/2021, <https://www.mem.gov.ma/Pages/actualite.aspx?act=234>.
- Ministerio de España para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) (2020), *Hydrogen Roadmap: a Commitment to Renewable Hydrogen*, Madrid, https://energia.gob.es/es-es/Novedades/Documents/hoja_de_ruta_del_hidrogeno.pdf.
- Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía de Alemania (2020), "The National Hydrogen Strategy", Berlín, https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- Ministerio de Medioambiente y Acción Climática (2020), "Estratégia Nacional para o Hidrogénio", Portugal, <https://climate-laws.org/geographies/portugal/policies/national-hydrogen-strategy>.
- MIT (2021), "The Green Future Index", *MIT Technology Review Insights*, <https://www.technologyreview.com/2021/01/25/1016648/green-future-index/>.
- Mitrova, Tatiana, Melnikov, Yuriy, and Chugunov, Dmitriy (2019), "The hydrogen economy - a path towards low carbon development", SKOLKOVO, Moscú, https://www.researchgate.net/publication/337893920_The_Hydrogen_Economy-_a_path_towards_low_carbon_development.
- Nagashima, Monica (2020), "Japan's Hydrogen Society Ambition: 2020 Status and Perspectives", *Notes de l'Ifri*, Septiembre, <https://www.ifri.org/en/publications/notes-de-lifri/japans-hydrogen-society-ambition-2020-status-and-perspectives>.
- Navigant (2019), "Gas for climate. Job creation by scaling up renewable gas in Europe", Noviembre, https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/11/Navigant_Gas_for_Climate_Job_creation_by_scaling_up_renewable_gas_in_Europe.pdf.
- Pariente-David, Silvia (2020), "COVID-19: a catalyst for decarbonization and integration of the Mediterranean energy market", Opinión, Policy Center for the New South, Junio, <https://www.policycenter.ma/opinion/covid-19-catalyst-decarbonization-and-integration-mediterranean-energy-market#.YFMf-5NKjxs>.
- Parlamento Europeo (2020), "Draft Report on Towards a WTO-compatible EU carbon border adjustment mechanism (2020/2043(INI))", https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2014_2019/plmrep/COMMITTEES/ENVI/PR/2021/02-04/1201123EN.pdf.
- Pflugmann, Fridolin, y Nicola De Blasio (2020), "Geopolitical and market implications of renewable hydrogen new dependencies in a low carbon energy world", Informe del Belfer Center, Marzo, <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/Geopolitical%20and%20Market%20Implications%20of%20Renewable%20Hydrogen.pdf>.

- Philibert, C. (2020), "Perspectives on a hydrogen strategy for the European Union", *Études de l'Ifri*, Abril, <https://www.ifri.org/en/publications/etudes-de-lifri/perspectives-hydrogen-strategy-european-union>.
- Poudineh, Rahmatallah, Anapama Sen y Bassam Fattouh (2021), "Electricity markets in the resource-rich countries of the MENA: adapting for the transition era", *The Energy Journal*, vol. 10, nº 1, <http://www.iaee.org/en/publications/eeeparticle.aspx?id=357>.
- Ravi, Kumar, Swetha Bhagwat y Maria Olczak (2020), "Green hydrogen: bridging the energy transition in Africa & Europe", Escuela de Regulación de Florencia, 21/X/2020, <https://africa-eu-energy-partnership.org/publications/green-hydrogen-bridging-the-energy-transition-in-africa-europe/>.
- Scita, Rossana, Pier Paolo Raimondi y Michel Noussan (2020), "Green hydrogen: the Holy Grail of decarbonisation? An analysis of the technical and geopolitical implications of the future hydrogen economy", Fondazione Eni Enrico Mattei, 12/X/2020, <https://www.feem.it/en/publications/feem-working-papers-note-di-lavoro-series/green-hydrogen-the-holy-grail-of-decarbonisation-an-analysis-of-the-technical-and-geopolitical-implications-of-the-future-hydrogen-economy/>.
- Shell (2020), "A climate-neutral EU by 2050", *Shell Scenarios*, https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/scenario-sketches/new-sketch-a-climate-neutral-eu/_jcr_content/par/relatedtopics.stream/1587034457359/dad7b112d536241e759584da50430cfade845d39/scenario-sketch-a-climate-neutral-eu-by-2050.pdf.
- Showers, Kate B. (2014), "Europe's long history of extracting African renewable energy: contexts for African scientists, technologists, innovators and policy-makers", *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, vol. 6, nº 4, p. 301-313.
- Simon, F. (2021), "Parliament spells out red lines in EU battle over green finance", *Euractiv*, 9/III/2021, <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/parliament-spells-out-red-lines-in-eu-battle-over-green-finance/>.
- Szabo, John (2020), "Fossil Capitalism's Lock-ins: The Natural Gas-Hydrogen Nexus", *Capitalism Nature Socialism*, publicado online 8/XI/2020.
- Timmerberg, Sebastian, y Martin Kaltschmitt (2019), "Hydrogen from renewables: supply from North Africa to Central Europe as blend in existing pipelines – potentials and costs", *Applied Energy*, nº 237, p. 795-809, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.030>.
- T&E (2020), "Joint civil society organisation analysis and recommendations. Climate taxonomy draft delegated act - mitigation and adaptation", https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/2020_12_Joint_NGO_Analysis_EU_Taxonomy_Climate_DA.pdf.
- Trinomics (2020), "Study on opportunities arising from the inclusion of hydrogen energy technologies in the National Energy & Climate Plans", https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/file_attach/Final%20Report%20Hydrogen%20in%20NECPs%20%28ID%209501746%29.pdf.

- Van de Graaf, Thijs (2021), "The next prize: geopolitical stakes in the clean hydrogen race", Foro, Instituto Oxford para Estudios de Energía Febrero, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/02/THE-NEXT-PRIZE-GEOPOLITICAL-STAKES-IN-THE-CLEAN-HYDROGEN-RACE.pdf>.
- Van de Graaf, Thijs, Indra Overland, Daniel Scholten y Kirsten Westphal (2020), "The new oil? The geopolitics and international governance of hydrogen", *Energy Research & Social Science*, nº 70:101667.
- Van Renssen, S. (2020), "The hydrogen solution?", *Nature Climate Change*, nº 10, p. 799-801.
- Van Wijk, A., y J. Chatzimarkakis (2020), "Green hydrogen for a European Green Deal: a 2x40 GW initiative", Hydrogen Europe, Bruselas, <https://www.hydrogen4climateaction.eu/2x40gw-initiative>.
- Van Wijk, Ad, Frank Wouters, Samir Rachidi y Badr Ikken (2019), "A North Africa-Europe hydrogen manifesto", Dii Desert Energy, Berlín.
- Wang, A., K. Van der Leun, D. Peters y M. Buseman (2020), *European Hydrogen Backbone: How a Dedicated Hydrogen Infrastructure Can Be Created*, Guidehouse, Utrecht, https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/european-hydrogen-backbone/.
- Westphal, Kirsten, Susanne Dröge y Oliver Geden (2020), "The international dimensions of Germany's hydrogen policy", Instituto Alemán para Asuntos Internacionales y de Seguridad, SWP Comment 2020, nº 32, Junio, <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2020C32/>.
- Wietschel, Martin, Anke Bekk, Barbara Breitschopf et al. (2020), "Opportunities and challenges when importing green hydrogen and synthesis products", Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, Brief 03/2020, https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2020/policy_brief_hydrogen.pdf.
- Willis, Ben (2020), "The hype and hope of Sahara Desert green hydrogen", Greentechmedia, 16/XI/2020.

Patronato

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES UNIÓN EUROPEA Y COOPERACIÓN	 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE DEFENSA
 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL	 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE



AIRBUS

 **ATLANTIC COPPER**

BBVA

 **CaixaBank**

 **CEPSA**

 **enagas**

endesa

 **IBERDROLA**

IBM

INDITEX


MADRID

“IMI MUTUA MADRILEÑA”

Naturgy

renfe


REPSOL

 **Santander**

tecnalia Inspiring Business



Consejo Asesor Empresarial

 **acciona**

 **CAF** BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

 **El Corte Inglés**

 **EM&E** ESCRIBANO MECHANICAL & ENGINEERING

Entidades colaboradoras

 **Sabadell**

 **COFIDES** Inversión y desarrollo



Deloitte.

 **European Climate Foundation**

 **everis**
an NTT DATA Company

 **exolum**

 **Google**

 **IBERIA**

 **Microsoft**

 **MONDRAGON** HUMANITY AT WORK

 **Navantia**

