

EXECUTIVE
SUMMARY



PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO

PERSPECTIVAS REGIONALES SOBRE EL DESPLIEGUE A ESCALA DEL HIDRÓGENO CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

En colaboración con PwC y EPRI

ACERCA DE

EL CONSEJO MUNDIAL DE ENERGÍA

El Consejo Mundial de Energía ha estado en el centro de los debates energéticos mundiales, regionales y nacionales durante casi un siglo, desarrollando nuevas ideas e impulsando acciones efectivas en todo el mundo con el objetivo de lograr una energía sostenible para todos.

Compuesto por más de 3.000 organizaciones miembros en casi 90 países, entre las que se encuentran gobiernos, empresas privadas y estatales, el mundo académico y los nuevos y más amplios actores del sistema, el Consejo es la primera y única red energética verdaderamente global basada en miembros.

El Consejo trabaja de forma activa en todo el sector energético como plataforma global de transiciones energéticas, reuniendo un liderazgo inteligente para informar y catalizar el diálogo mundial sobre política energética, crear impacto e impulsar acciones prácticas.

El Consejo no aboga por ningún país, empresa, tecnología o fuente energética, y está plenamente comprometido con el reto de ser imparcial y tener impacto.

Para saber más, visite www.worldenergy.org

Publicado por el Consejo Mundial de Energía en abril 2022

Copyright © 2022 Consejo Mundial de Energía. Todos los derechos reservados. Toda o parte de esta publicación puede ser utilizada o reproducida siempre que se incluya la siguiente cita en cada copia o transmisión: "Utilizado con permiso del Consejo Mundial de Energía".

Consejo Mundial de Energía

Registrado en Inglaterra y Gales con el número 4184478

Número de registro de IVA GB 123 3802 48

Domicilio social

62-64 Cornhill

Londres EC3V 3NH

Reino Unido

LAS PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA EN EL MUNDO

Estos World Energy Insights sobre hidrógeno forman parte de una serie de publicaciones del Consejo Mundial de Energía centradas en la innovación. Se han elaborado en colaboración con el Electric Power Research Institute (EPRI) y PwC.

El EPRI y el Instituto de Tecnología del Gas (GTI, por sus siglas en inglés) han creado la [Iniciativa de Recursos de Baja Emisión de Carbono](#) (LCRI, por sus siglas en inglés) para abordar los retos y las brechas en la consecución de reducciones significativas en las emisiones de carbono en toda la economía energética. La LCRI se centra en la cadena de valor de los vectores energéticos alternativos y los combustibles bajos en carbono -como el hidrógeno, el amoníaco, los biocombustibles (incluido el gas natural renovable) y los combustibles sintéticos- y en la investigación, el desarrollo y la demostración para permitir su producción, almacenamiento, suministro y uso en toda la economía energética. Estos vectores energéticos/combustibles son necesarios para habilitar vías asequibles para la descarbonización de toda la economía a mediados de siglo. Se trata de una colaboración mundial de cinco años de duración que identificará y acelerará el desarrollo fundamental de tecnologías prometedoras; demostrará y evaluará el desempeño de tecnologías y procesos clave, identificando vías para posibles mejoras; e informará a los grupos de interés clave y al público sobre las opciones tecnológicas y las posibles rutas hacia un futuro con bajas emisiones de carbono.

PwC es una red de compañías en 155 países con más de 284.000 personas comprometidas con la prestación de servicios de aseguramiento, asesoramiento y fiscalidad de calidad, con más de 20.000 profesionales dedicados a los sectores de energía, servicios públicos y recursos. Con su estrategia global, The New Equation, PwC responde a los retos que conforman el mundo actual, centrándose en la creación de confianza y la obtención de resultados sostenidos que creen valor para las organizaciones, sus grupos de interés y la sociedad en general. El cambio climático es uno de los problemas más críticos del mundo, y PwC se ha comprometido a alcanzar cero emisiones netas de gases de efecto invernadero para 2030 y está trabajando con las organizaciones para acelerar su propia transformación basada en el clima. PwC y el Consejo Mundial de Energía tienen el objetivo común de promover la transición energética y la sostenibilidad mediante el compromiso con los responsables políticos y los principales actores de la industria. Nuestro punto de vista compartido es que la transición energética y la sostenibilidad se logran mediante la interacción de marcos políticos sólidos y una industria energética fuerte y competitiva. [Más información sobre PwC](#)

En una era de rápidos cambios disruptivos, estas perspectivas pretenden facilitar el intercambio estratégico de conocimientos entre los miembros del Consejo y las demás partes interesadas en la energía y los responsables políticos, y contribuir a un diálogo mundial sobre el papel del hidrógeno en las transiciones energéticas. Se basan en trabajos anteriores del Consejo, en particular la publicación de la serie "Hidrógeno en el horizonte" en julio y septiembre de 2021, y han implicado conversaciones regionales con más de 180 expertos de alto nivel de 67 países, que juntos reflejan el 82% del suministro mundial de energía primaria (datos de 2019, EIA de Estados Unidos) y el 89% del PIB mundial (datos de 2020, BM).

El análisis y las previsiones disponibles en esta publicación y cualquier referencia asociada no reflejan el conflicto militar que está ocurriendo en Ucrania. Aunque reconocemos que la situación en Ucrania y las interrupciones resultantes en los mercados energéticos afectarán en gran medida al futuro del hidrógeno bajo en carbono, esta publicación se basa en un análisis anterior a los acontecimientos de febrero de 2022.

RESUMEN EJECUTIVO

MENSAJES CLAVE:

- El hidrógeno bajo en carbono puede desempeñar a nivel mundial un papel importante al 2040, en apoyar los esfuerzos de los países por alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, y contribuyendo al mismo tiempo a la diversidad y seguridad de sus portafolios energéticos. Esto requeriría importantes flujos de intercambio mundiales de hidrógeno y de combustibles basados en el hidrógeno.
- El impulso sigue creciendo en todo el mundo, pero se observan diferencias entre las regiones, en función de las distintas actividades y oportunidades de mercado.
- Pasar del “si” al “cómo” para desarrollar el hidrógeno con bajas emisiones de carbono pone en evidencia importantes incertidumbres que es necesario abordar para que el hidrógeno alcance todo su potencial. ¿Pueden superarse los retos de las distintas opciones de la cadena de suministro? ¿Puede el hidrógeno desempeñar un papel en la lucha contra el cambio climático a corto plazo? ¿Pueden surgir proyectos financiables y puede cerrarse la brecha entre ingenieros y financiadores? ¿Puede garantizarse la estabilidad del suministro de las principales fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono?
- Para hacer posible el hidrógeno bajo en carbono a gran escala se necesitaría, en particular, una mayor coordinación y cooperación entre los grupos de interés de todo el mundo, para movilizar mejor la financiación pública y privada, y para cambiar el enfoque hacia los consumidores finales y las personas: pasando del costo de producción al precio de uso final, desarrollando sistemas de garantías de origen con requisitos de sostenibilidad, desarrollando una herramienta de seguimiento e información global sobre los proyectos de hidrógeno bajo en carbono y considerando mejor los impactos sociales junto con las oportunidades económicas.

Para 2040, el hidrógeno bajo en carbono podría desempeñar un papel importante en los sistemas energéticos y las transiciones energéticas de todo el mundo. En el contexto de la transición energética, sirve para apoyar los esfuerzos de los países por alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, y al mismo tiempo contribuye a la diversidad y seguridad de sus carteras energéticas.

El Consejo Mundial de Energía, en colaboración con el EPRI y PwC, tiene como objetivo proporcionar nuevos y críticos puntos de vista para facilitar el intercambio estratégico de conocimientos entre los miembros del Consejo y las demás partes interesadas en la energía y los responsables políticos, así como contribuir a un diálogo global sobre el papel potencial del hidrógeno en los sistemas energéticos y en las transiciones energéticas. Tras la publicación de la serie “Hidrógeno en el horizonte” en julio y septiembre de 2021, el Consejo Mundial de Energía, el EPRI y PwC dirigieron una serie de análisis para comprender mejor las diferencias regionales en el desarrollo del hidrógeno con bajas emisiones de carbono. Estos análisis ayudaron a descubrir la riqueza regional, las diferentes dinámicas para la adopción del hidrógeno bajo en carbono y los distintos retos y oportunidades. Además, proporcionaron nuevas perspectivas sobre el desarrollo global del hidrógeno bajo en carbono en los próximos años, y su papel potencial en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los resultados se sintetizan en estas Perspectivas de la Energía Mundial sobre el Hidrógeno.

Nota sobre el conflicto militar en Ucrania

El análisis y las previsiones disponibles en esta publicación y cualquier referencia asociada no reflejan el conflicto militar que está ocurriendo en Ucrania. Aunque reconocemos que la situación en Ucrania y las interrupciones resultantes en los mercados energéticos afectarán en gran medida al futuro del hidrógeno bajo en carbono, esta publicación se basa en un análisis anterior a los acontecimientos de febrero de 2022.

¹ “El hidrógeno de baja emisión de carbono” en este informe engloba todas las tecnologías y fuentes de producción de hidrógeno que dan lugar a bajas emisiones de carbono: a partir de fuentes de energía renovables, nucleares, fósiles combinadas con CCUS, etc.

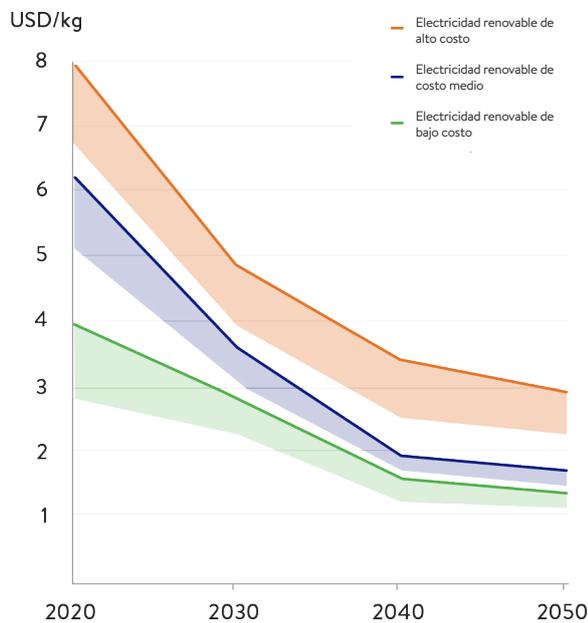
POTENCIAL PARA DESEMPEÑAR UN PAPEL IMPORTANTE EN 2040

Sobre la base del despliegue temprano de la tecnología que se está llevando a cabo en la actualidad, en 2040 la demanda de hidrógeno bajo en carbono podría superar la demanda actual de hidrógeno de origen fósil. Además de sustituir los usos actuales del hidrógeno de origen fósil, el hidrógeno bajo en carbono abre oportunidades para aplicaciones en nuevos usos finales en un mundo en proceso de descarbonización: pasando de proyectos piloto a la implantación a escala en sectores como el transporte terrestre medio y pesado, la petroquímica, la metalurgia, el transporte ferroviario y marítimo y la aviación. En algunas partes del mundo, el hidrógeno bajo en carbono, puro o mezclado con gas natural, también podría despegar como combustible para la generación de electricidad, para procesos industriales y para calefacción.

El grado en el que el hidrógeno con bajas emisiones de carbono cumpla su potencial depende en gran medida de la evolución de las tecnologías clave para su producción. El uso de hidrógeno bajo en carbono podría provenir de la electrólisis (utilizando electricidad renovable o generada por la energía nuclear) o de los combustibles fósiles con CCUS. Las economías relativas dependerán en gran medida de los recursos disponibles localmente o de la opción de importación de menor costo cuando el suministro local no pueda satisfacer la demanda local. La tecnología y el método de transporte de hidrógeno con baja emisión de carbono más rentables variarán en cada región y podrían cambiar con el tiempo, ya que se espera que el costo del hidrógeno con baja emisión de carbono procedente de electricidad renovable disminuya en comparación con el costo del hidrógeno con baja emisión de carbono procedente de combustibles fósiles. (Figuras I y II)

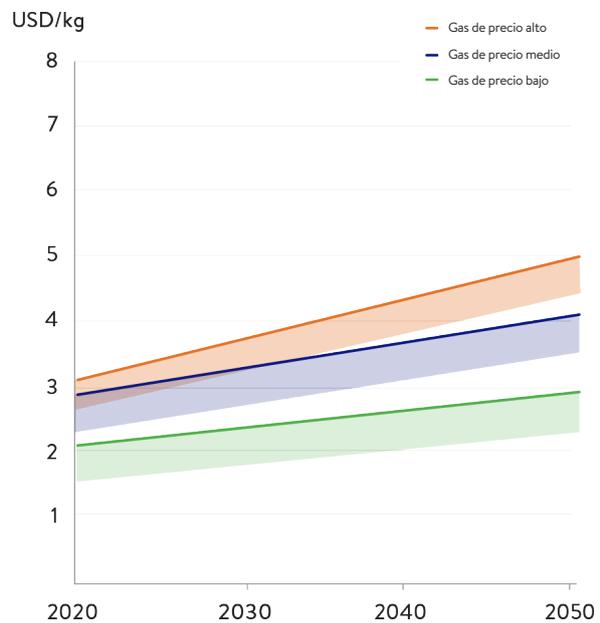
El elevado costo del transporte del hidrógeno significa que la mayor parte del hidrógeno se consumirá en el país o región donde se produce. Es probable que los dos mayores mercados energéticos, China y Estados Unidos, sean más o menos autosuficientes en materia de hidrógeno. No obstante, existe la posibilidad de que se desarrollen importantes flujos comerciales mundiales de hidrógeno y de combustibles/productos químicos a base de hidrógeno de aquí a 2030, si surge una cooperación regional y mundial suficiente en un futuro próximo (figura III).

Figura I. Costo previsto para 2050 del hidrógeno con bajas emisiones de carbono a partir de electricidad renovable



Fuente: Consejo Mundial de Energía

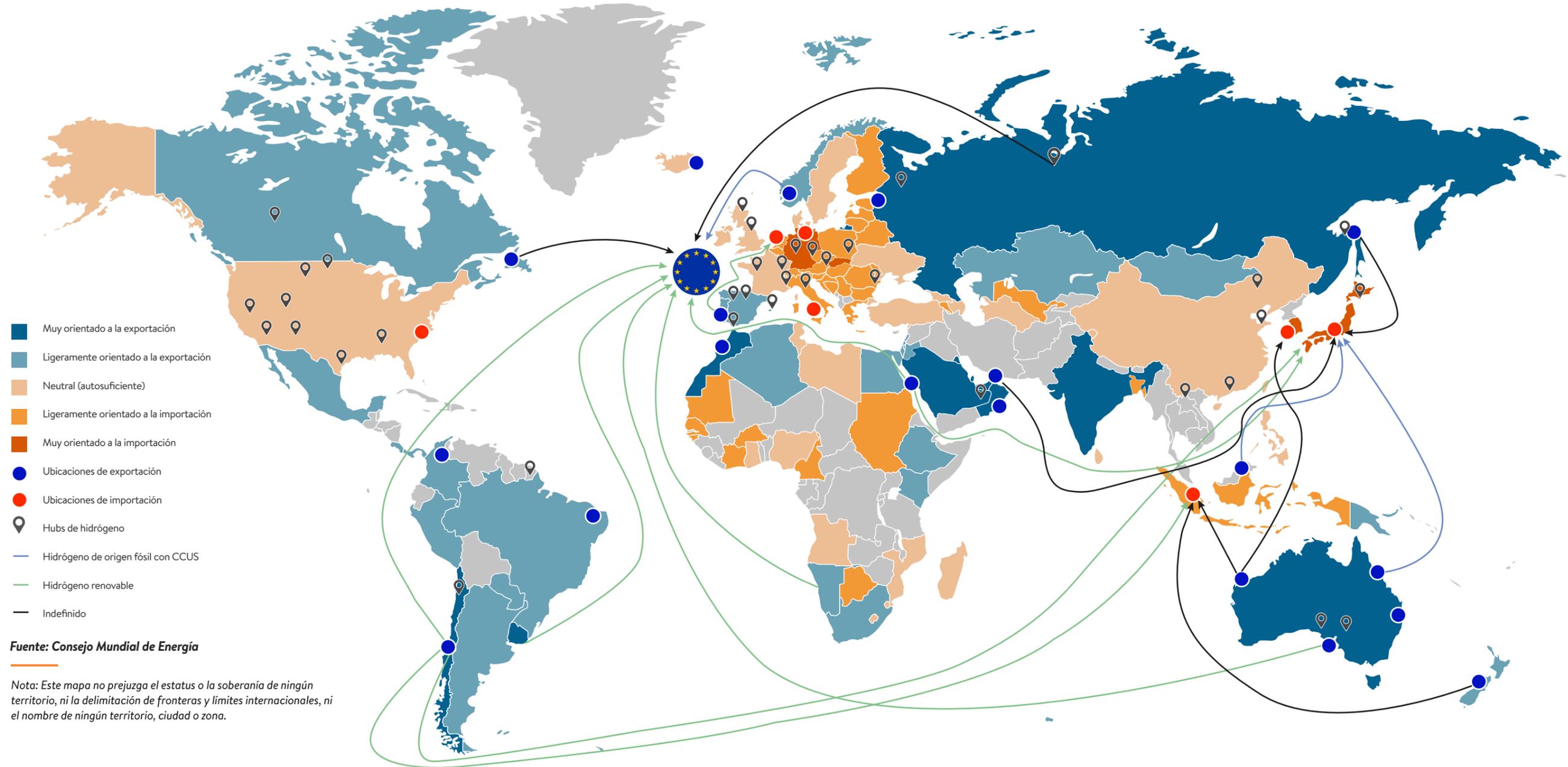
Figura II. Costo previsto para 2050 del hidrógeno bajo en carbono a partir de gas natural con CCUS



Fuente: Consejo Mundial de Energía

El mapa de comercio destaca el potencial de dos grandes centros de importación, uno centrado en el norte de Europa y el otro en torno a Japón y Corea del Sur. Las principales regiones exportadoras se dividen en las que se basan en la abundancia de combustibles fósiles baratos y en las oportunidades del CCUS (Australia, Canadá, Oriente Medio y Rusia), y las que se basan en la abundancia de recursos renovables (África, América Latina y Oriente Medio).

Figura III. Mapa de la dinámica potencial de importación-exportación de hidrógeno bajo en carbono en 2040



Fuente: Consejo Mundial de Energía

Nota: Este mapa no prejuzga el estatus o la soberanía de ningún territorio, ni la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni el nombre de ningún territorio, ciudad o zona.

METODOLOGÍA

El mapa de la dinámica de importación y exportación de hidrógeno bajo en carbono en 2040 se basa en múltiples fuentes externas y modificaciones internas. Hay 5 categorías de países: Fuertemente exportadores orientado, Ligeramente orientado a la exportación, Neutral (autosuficiente), Ligeramente orientado a la importación, Fuertemente orientado a la importación. La evaluación de cada país se basó en las expectativas de los expertos en energía sobre el posicionamiento de los respectivos países en el comercio mundial de hidrógeno para el año 2040. Esto se basó en las estrategias nacionales de hidrógeno, proyectos que ya han sido anunciados, y tendencias del mercado, que en

conjunto permitieron estimar futuras rutas comerciales. Los expertos en energía fueron identificados en el seno del Consejo y Comunidades de expertos de PwC en las diferentes regiones. Las respuestas de más de 80 expertos se agregaron y sintetizaron para asignar una puntuación al estado de cada país. La posición final en la importación/exportación espectro se basa en la puntuación media obtenida entre los expertos, sujeto a un número mínimo de respuestas por país para garantizar la solidez de la puntuación y teniendo en cuenta la desviación estándar de las respuestas de cada país para reflejar el nivel de incertidumbre (en caso de que las respuestas para un solo país varíen ampliamente). Los países con puntajes de desviación estándar altos fueron revisados por el equipo del Consejo y un puntaje final informado y estado fueron

asignados en consecuencia. Además, el mapa señala los principales centros de exportaciones e importaciones, junto con las rutas comerciales asociadas, y la clasificación de la materia prima intercambiada (hidrógeno bajo en carbono con CCUS, hidrógeno renovable, indefinido, etc.). Se identificaron importantes centros de exportación e importación, y las rutas están basadas una selección de proyectos de intercambio de hidrógeno internacional planificados o anunciados o alianzas bilaterales que consideran perspectivas de intercambio futuras, las cuales fueron identificadas utilizando los recursos propios del Consejo Mundial de Energía, IEA - Global Hydrogen Review 2021, IRENA - Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor 2022 y la evaluación del Consejo de proyectos de intercambio públicamente

accesibles y acuerdos de colaboración oficiales y Memorandos de Entendimiento. Para efectos de simplicidad, las rutas comerciales conectadas a la bandera de la UE simbolizan el comercio con uno o varios países de la UE. Para asociaciones bilaterales fuera del alcance de cualquier actividad comercial de combustibles/derivados de hidrógeno bajos en carbono, consulte la Figura 13.

Finalmente, el mapa también muestra los principales centros/valles de hidrógeno donde se están realizando la mayoría de las inversiones/actividades de hidrógeno con bajas emisiones de carbono. Los detalles se enumeran en el Anexo 2: Lista de valles de hidrógeno con bajas emisiones de carbono.

CRECIENTE IMPULSO AL HIDRÓGENO BAJO EN CARBONO

El interés por el hidrógeno bajo en carbono sigue creciendo rápidamente, ya que 22 países han publicado y establecido una estrategia nacional (incluidas 11 estrategias desde enero de 2021), se han anunciado más de 400 proyectos de hidrógeno bajo en carbono hasta la fecha (AIE, 2021) y un creciente interés por parte de inversionistas e instituciones financieras. El costo de las tecnologías de producción de hidrógeno bajo en carbono está disminuyendo en todo el mundo, y en particular el hidrógeno producido a partir de energías renovables alcanza la paridad con el hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles en lugares donde los precios actuales del gas son elevados.

El actual conflicto militar en Ucrania ha vuelto a situar la a la seguridad del suministro como una de las prioridades de las agendas políticas. El hidrógeno producido a partir de recursos renovables o electricidad nuclear podría ocupar un lugar cada vez más importante en los planes energéticos para apoyar la diversificación del suministro y proveedores. A corto plazo, esto podría traducirse en más proyectos de energías renovables y nuclear, en un mayor apoyo a la I+D de combustibles alternativos y vectores energéticos, y en el desarrollo de nuevos acuerdos bilaterales entre países para el posible comercio futuro de hidrógeno bajo en carbono. En cuanto al hidrógeno derivado del gas natural con CCUS, surgen incertidumbres respecto a su papel a corto plazo debido a la actual volatilidad en la estabilidad del suministro y el precio del gas natural.

Aunque el impulso del hidrógeno bajo en carbono está creciendo en todo el mundo, cada región está tomando una ruta diferente en su despliegue, y seguirán existiendo diferentes caminos para acomodar las especificidades de cada región, país y ciudad. Las diferencias en la adopción del hidrógeno bajo en carbono entre las regiones se deben a las diferencias en las oportunidades de mercado y a las acciones prioritarias de las partes interesadas. La versatilidad del hidrógeno lo hace relevante en muchos países, pero las aplicaciones y el desarrollo de las cadenas de suministro deben adaptarse a cada contexto específico. A medida que surjan las similitudes regionales y las sinergias potenciales, debería verse una mayor cooperación regional en el desarrollo del hidrógeno. (Tabla I abajo)

RESOLVIENDO LAS INCERTIDUMBRES

Pasar del “sí” al “cómo” desarrollar el hidrógeno con bajas emisiones de carbono pone de manifiesto importantes incertidumbres, que deben ser abordadas para que el hidrógeno alcance todo su potencial.

- ¿Pueden superarse los retos de las distintas opciones de la cadena de suministro? La cadena de suministro de hidrógeno con bajas emisiones de carbono se compone de una variedad de fuentes de producción, tecnologías de transporte y almacenamiento y posibles usos finales. Además, todas las tecnologías y aplicaciones relacionadas con el hidrógeno evolucionarán con el tiempo, y cada país dispondrá de más opciones y vías potenciales, dependiendo de su propio contexto. Esta pluralidad de opciones y la gran evolución del panorama tecnológico en el incipiente mercado mundial del hidrógeno con bajas emisiones de carbono crea una dificultad adicional para los responsables de la toma de decisiones en cuanto a las soluciones en las que invertir a lo largo de la cadena de valor. Además, el desarrollo de una estrategia nacional de hidrógeno agnóstica en cuanto al color puede aumentar la visibilidad a largo plazo para los promotores de proyectos y facilitar la aparición de la cooperación entre países a lo largo de la cadena de suministro.
- ¿Puede el hidrógeno desempeñar un papel en la lucha contra el cambio climático a corto plazo? El calendario para el desarrollo de proyectos de hidrógeno con bajas emisiones de carbono no está suficientemente alineado con la necesidad de abordar el cambio climático. Hay una necesidad urgente de desarrollar infraestructuras y aumentar los volúmenes tanto de la oferta como de la demanda -incluyendo la sustitución del actual hidrógeno de origen fósil- para lograr una penetración material del hidrógeno bajo en carbono para 2030 y que el hidrógeno desempeñe un papel en la consecución de los objetivos del Acuerdo de París. Sin embargo, será difícil que el desarrollo de infraestructura de hidrógeno a escala esté lista a tiempo, especialmente si no hay infraestructura de gas existente que se pueda reutilizar. Por lo tanto, debe darse prioridad a proyectos que sean “victorias tempranas”, a los proyectos piloto y a los centros de distribución, así como a los proyectos integrados a lo largo de la cadena de valor, con el fin de resolver el problema del huevo y la gallina entre la oferta y la demanda de hidrógeno.
- ¿Pueden surgir proyectos financierables y puede cerrarse la brecha entre ingenieros y financiadores? Existe una brecha entre lo que los proveedores de tecnología podrían desplegar y lo que los bancos financiarían. ¿Qué medidas pueden tomarse para garantizar que los nuevos modelos de negocio funcionen y que el hidrógeno bajo en carbono sea competitivo con las soluciones alternativas existentes? A nivel mundial, se observa un cambio en los presupuestos de inversión hacia las inversiones verdes, al que se suman los fondos de recuperación de la pandemia en todo el mundo centrados en la sostenibilidad. Este movimiento de finanzas sostenibles y ESG puede ayudar a los gobiernos a atraer financiación para seguir desarrollando proyectos de hidrógeno. Sin embargo, sin el apoyo de los gobiernos en la reducción del riesgo de los proyectos, estos siguen enfrentándose a un problema de financiación.

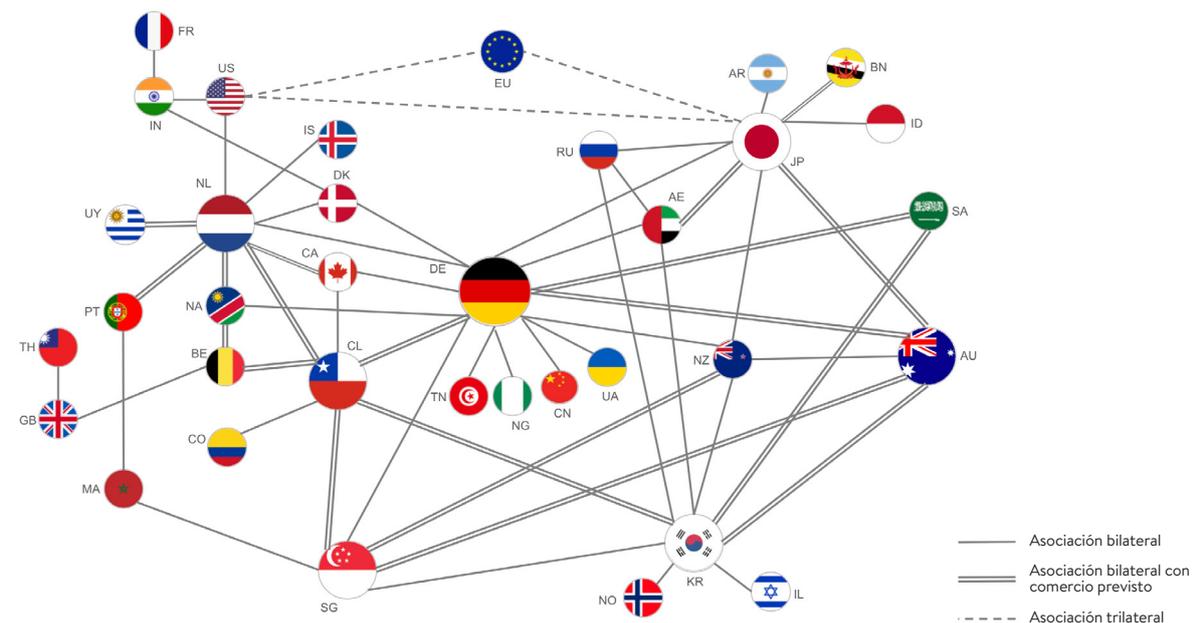


- ¿Puede garantizarse la estabilidad del suministro de las principales fuentes de producción de hidrógeno bajo en carbono? El hidrógeno renovable depende en gran medida del suministro de electricidad procedente de recursos renovables que están a merced de las fluctuaciones meteorológicas. Los fenómenos meteorológicos extremos pueden afectar significativamente al suministro de energía renovable, lo que podría crear problemas e incertidumbre en la estabilidad del suministro de hidrógeno renovable. El hidrógeno bajo en carbono derivado de los combustibles fósiles con CCUS también puede tener incertidumbre en el suministro debido a incertidumbres con el suministro de gas natural y/o a las grandes fluctuaciones en su precio.

HABILITANDO EL DESARROLLO A ESCALA

Para que el hidrógeno con bajas emisiones de carbono se desarrolle a escala, se han identificado los factores clave con la comunidad energética a nivel mundial, regional y nacional. Escalar requeriría en primer lugar una mayor coordinación entre las partes interesadas a nivel mundial en el plazo más inmediato para ayudar a que el mercado se desarrolle y se adapte mejor a la oferta y la demanda. En ese contexto, las asociaciones bilaterales entre países siguen desarrollándose y cada vez incluyen más el comercio de hidrógeno bajo en carbono (Figura IV). Una acción climática fuerte y coordinada es particularmente fundamental para impulsar el interés por el hidrógeno bajo en carbono, y con las políticas adecuadas, podría alcanzar su verdadero potencial y ayudar a lograr los objetivos a largo plazo del Acuerdo de París. La movilización de la financiación pública y privada también es crucial a nivel mundial, regional y nacional para reducir el riesgo de las inversiones, aumentar el número y el volumen de los proyectos y apoyar el desarrollo de las infraestructuras. A nivel nacional, uno de los factores más importantes para el desarrollo del hidrógeno es contar con una estrategia nacional bien definida que incluya: planes para el desarrollo del mercado y objetivos que proporcionen visibilidad a largo plazo; prioridades normativas para liberar el potencial del hidrógeno con bajas emisiones de carbono, en particular la adaptación de la legislación para permitir que las moléculas limpias formen parte de la matriz energética; mandatos e incentivos económicos y financieros, incluyendo precios del carbono, cuotas de blending y créditos de combustible con bajas emisiones de carbono. El apoyo nacional al desarrollo de hubs de hidrógeno también es clave para facilitar la creación de demanda y oferta concertadas de manera local.

Figura IV. Situación de las asociaciones bilaterales



Fuente: Consejo Mundial de Energía

En particular, es urgente centrar la atención en la utilidad de la energía para las personas, y examinar la demanda de hidrógeno con bajas emisiones de carbono y los usuarios finales.

En primer lugar, hay que centrarse en el precio del hidrógeno bajo en carbono para el consumidor final. El aumento de la demanda de hidrógeno bajo en carbono es sensible a los costos. El enfoque del debate debe pasar del análisis del costo de producción del hidrógeno, al análisis del precio final para los usuarios finales e incluir además el costo del transporte (lo cual es un reto, ya que hay muchos componentes, algunos muy difíciles de estimar, como la infraestructura de transporte, los

permisos locales, etc.), los costos de almacenamiento, el margen de beneficio y los costos de aprovisionamiento en el punto de consumo final. Estos costos pueden ser mucho mayores que costos de producción de hidrógeno en sí. El objetivo final para que el hidrógeno sea competitivo en un futuro con bajas emisiones de carbono, no es la producción al menor costo, sino el suministro al menor precio para mayor beneficio de la sociedad y el medio ambiente.

En segundo lugar, los usuarios finales deberían tener un apoyo adicional. Es necesario un mayor apoyo por el lado de la demanda, dirigido a los usuarios finales que van a consumir hidrógeno en sus aplicaciones. Esto puede lograrse proporcionando transparencia en el suministro y garantías para el comprador. En particular, los expertos del sector piden unánimemente garantías de origen y requisitos globales de sostenibilidad para ayudar al desarrollo del mercado del hidrógeno. La cooperación mundial en este ámbito debe comenzar hoy mismo si se quiere que el desarrollo del hidrógeno limpio contribuya a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Sin embargo, cabe señalar que un mecanismo armonizado a nivel mundial plantea el riesgo de establecer un marco deliberadamente simplificado o menos ambicioso (es decir, un acuerdo de mínimo común denominador) y puede requerir un plazo más largo para su adopción, lo que podría ser incompatible con los planes comerciales establecidos entre países a corto plazo. La incertidumbre normativa actual sobre el hidrógeno bajo en carbono (por ejemplo, la falta de definiciones armonizadas de los métodos de producción de hidrógeno, la normativa sobre la intensidad de carbono, etc.) está retrasando la inversión y la puesta en marcha de proyectos a escala industrial. Las iniciativas nacionales y regionales están avanzando en este tema, pero de forma unilateral, lo que puede crear barreras para el comercio mundial. Por ello, los expertos consideran necesario que una institución internacional reconocida lidere un esfuerzo global para estandarizar definiciones. Además, proporcionar más apoyo a los usuarios finales implica fomentar el cambio a alternativas bajas en carbono a través de incentivos y otras herramientas políticas (por ejemplo, el precio del carbono, los Contratos por Diferencia de Carbono (CCFD), el Mecanismo de Ajuste de Carbono en Frontera (CBAM) o las cuotas). Por último, para apoyar a los usuarios finales es necesario la reducción de la incertidumbre para disminuir el riesgo de inversión. Aunque los precios actuales y las preocupaciones sobre la seguridad dificultan el desarrollo del hidrógeno, a corto plazo, los memorandos de entendimiento, las asociaciones y los contratos a largo plazo están dando forma al mercado y proporcionando también visibilidad a los que asumen riesgos. A medida que el mercado se desarrolle, podrá surgir más flexibilidad y competitividad.

En tercer lugar, el desarrollo del hidrógeno bajo en carbono debería tener en cuenta las repercusiones sociales junto con las oportunidades económicas. Es necesario hacer más hincapié en garantizar que la demanda local de hidrógeno bajo en carbono se satisfaga primero para las aplicaciones en las que tiene sentido desde el punto de vista económico en comparación con las alternativas, sobre todo en aquellos países con un consumo importante de hidrógeno o con objetivos de exportación. El desarrollo del uso de hidrógeno con bajas emisiones de carbono requiere su propio transporte, infraestructura e instalaciones de almacenamiento, lo que puede crear nuevas competencias y oportunidades de empleo, especialmente en países con abundantes recursos energéticos renovables, debido a la versatilidad del hidrógeno. Esto puede permitir a las respectivas sociedades captar más valor vinculado a los desarrollos de la economía del hidrógeno con bajas emisiones de carbono. Un factor clave de éxito para la adopción del hidrógeno bajo en carbono está relacionado con la licencia social y la consiguiente necesidad de proporcionar más concienciación al público en torno a su papel en la lucha contra el cambio climático, y al papel que podría desempeñar en los sistemas energéticos favoreciendo el aumento de la equidad y la justicia. La formación y la divulgación serán necesarias para aumentar los conocimientos sobre el hidrógeno entre la población en general y para mejorar el conjunto de competencias existentes en el sector. En este sentido, el desarrollo de una herramienta de seguimiento e información global sobre los proyectos de hidrógeno con bajas emisiones de carbono contribuiría a los esfuerzos de concienciación y educación de la sociedad, además de hacer un seguimiento temporal de los avances y servir de apoyo a la toma de decisiones.

Tabla I. Perspectivas regionales

	 ÁFRICA	 ASIA-PACÍFICO	 EUROPA	 AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	 ORIENTE MEDIO Y ESTADOS DEL GOLFO	 AMÉRICA DEL NORTE
	<p>Un potencial enorme pero escasa infraestructura: ¿cómo puede África habilitar un mercado de exportación y hacer crecer el interno?</p>	<p>Incorporación del hidrógeno bajo en carbono y sus derivados y aprovechamiento de las oportunidades económicas relacionadas</p>	<p>Una gran ambición para descarbonizar lo más rápido posible, aumentando al mismo tiempo la seguridad de suministro y abordando el reto de la flexibilidad</p>	<p>Aumento de la autosuficiencia y desarrollo de una nueva cooperación regional</p>	<p>Hidrógeno bajo en carbono impulsado por la Economía Circular del Carbono y la exportación de energía sostenible</p>	<p>Preparación para la alta tecnología facilitando la creación de mercados en sectores específicos de la economía, con objetivos de exportación</p>
ODS						
Actividades de mercado / oportunidades	<p>Prioridades de uso final: 1- Acceso a la energía, 2- Agricultura, 3- Exportación, 4- Industria</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: 1- Hidrógeno renovable, 2- Hidrógeno natural, 3- Hidrógeno a partir de gas natural con CCUS</p>	<p>Prioridades de uso final: 1- Industria, 2- Movilidad, 3- Generación de electricidad</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: 1- Hidrógeno "libre de carbono" (es decir, bajo en carbono; sin perjuicio del tipo de hidrógeno: hidrógeno renovable, hidrógeno bajo en carbono procedente de gas natural y carbón con CCUS)</p>	<p>Prioridades de uso final: 1- Industria, 2- Movilidad</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: 1- Hidrógeno renovable, 2- Hidrógeno a partir de gas natural con CCUS, 3- Hidrógeno a partir de otras fuentes (nuclear, residuos, metano biogénico, pirólisis de metano, etc.)</p>	<p>Prioridades de uso final: 1- Industria, 2- Movilidad, 3- Agricultura, 4- Exportación (H2 y productos que utilizan H2)</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: 1- hidrógeno renovable, 2- hidrógeno a partir de todos los combustibles fósiles disponibles localmente con CCUS</p>	<p>Prioridades de uso final: 1- Exportación, 2- Industria</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: 1- hidrógeno a partir de todos los combustibles fósiles disponibles localmente con CCUS, 2- hidrógeno renovable</p>	<p>Prioridades de uso final: 1- Industria, 2- Movilidad</p> <p>Fuentes de producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono: Hidrógeno bajo en carbono (hidrógeno renovable basado en combustibles fósiles con CCUS, etc.)</p>
Hojas de ruta regionales	<p>El desarrollo del hidrógeno con bajas emisiones de carbono podría ayudar a África a resolver los problemas de acceso a la energía, independencia energética, seguridad alimentaria y empleo local</p> <p>África cuenta con importantes recursos energéticos renovables para desarrollar la producción de hidrógeno con bajas emisiones de carbono e importantes recursos minerales para formar parte de la cadena de valor de las tecnologías de transición energética</p> <p>Sin embargo, son muchos los retos que hay que superar: la capacidad concreta de algunos países para aprovechar la economía del hidrógeno está limitada por la falta de infraestructuras y de concienciación general, los retos políticos y económicos y la falta de seguridad en la demanda, así como el estrés hídrico</p> <p>El norte de África tiene condiciones más favorables: Marruecos, Argelia y Egipto, en particular, podrían ser los primeros en exportar hidrógeno y sus derivados.</p> <p>En la fase inicial del desarrollo del hidrógeno, hay oportunidades que desbloquear en el espacio de innovación del hidrógeno que podrían posicionar a los países africanos como creadores de tecnología, no como tomadores</p>	<p>La región de Asia-Pacífico, en el epicentro del movimiento hacia una "economía del hidrógeno": Japón, Corea del Sur y Australia fueron los primeros en lanzar estrategias</p> <p>Enfoque integrado de los combustibles basados en el hidrógeno con bajas emisiones de carbono que puede apoyar los esfuerzos de descarbonización en una multitud de aplicaciones y sostener el crecimiento económico a través de la innovación y las nuevas tecnologías para la exportación</p> <p>Aumenta el interés en otros países, aunque aún no se han dado a conocer los planes generales, entre ellos los de los principales actores, China e India</p> <p>En la fase inicial de la adopción del hidrógeno bajo en carbono: la definición de prioridades entre los combustibles podría facilitar la ampliación y es necesaria una mayor cooperación regional y mundial para abordar los obstáculos en el desarrollo del comercio mundial (por ejemplo, la falta de definición armonizada de las fuentes de hidrógeno, la actualización de la normativa marítima, etc.)</p>	<p>Impulso dado por Alemania: ahora Europa está a la cabeza del desarrollo del hidrógeno en todo el mundo</p> <p>La UE tiene previsto depender en gran medida del hidrógeno bajo en carbono para apoyar sus ambiciones de descarbonización, con altos objetivos de importación (del norte de África, América Latina, los Estados del Golfo, etc.)</p> <p>Varios retos en la UE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Más voces disonantes: por ejemplo, sobre el blending; sobre qué fuentes de producción con bajas emisiones de carbono, el hidrógeno puro frente a los pasos intermedios (por ejemplo, la conversión de electricidad en metano, amoníaco, combustibles líquidos), etc. - La elaboración de estándares armonizados y la racionalización de la reglamentación son fundamentales para la expansión del hidrógeno bajo en carbono <p>Desfase temporal entre la ambiciosa agenda climática y la puesta en marcha de las infraestructuras de hidrógeno: proyectos de infraestructuras muy grandes (sobre todo para la importación) operativos después de 2030. Mientras tanto, en Europa, se están desarrollando proyectos in situ y hubs de hidrógeno, y los electrolizadores en otras regiones con gran capacidad de energía renovable podrían abastecer parte de la demanda europea</p>	<p>Amplio interés por desarrollar la producción y el uso del hidrógeno, centrándose principalmente en el hidrógeno procedente de energías renovables, pero considerando todos los recursos disponibles en el continente</p> <p>El desarrollo de la demanda local es el principal objetivo para contribuir a la descarbonización de la economía</p> <p>Chile es el primero en actuar y dio el impulso al hidrógeno en el continente, que ahora es muy dinámico; el impulso está aumentando y la cooperación regional también.</p> <p>El continente atrae cada vez más la atención de los mercados importadores potenciales (por ejemplo, Países Bajos, Australia, Japón)</p> <p>La cooperación podría aumentar para atraer más inversiones extranjeras y situar a la región de ALC en el mercado mundial del hidrógeno</p>	<p>El impulso de los MEGS viene de la mano de los operadores energéticos, además de la agenda de la Economía Circular del Carbono de la región</p> <p>Las inversiones se realizan con el objetivo final de mantener las exportaciones de energía a los mercados existentes en Europa y Asia</p> <p>Los vastos activos de petróleo y gas existentes, junto con los excelentes recursos naturales para la producción de energía renovable, están haciendo que la producción de hidrógeno bajo en carbono en la región sea una de las más competitivas del mundo</p> <p>Arabia Saudí, Emiratos Árabes Unidos y Omán impulsan el desarrollo del hidrógeno bajo en carbono</p> <p>Aspira a convertirse en un hub de exportación de hidrógeno bajo en carbono y sus derivados</p> <p>Las leyes y normativas extranjeras pueden crear obstáculos políticos que podrían dificultar estos objetivos, especialmente las normativas relacionadas con las posibles exportaciones</p>	<p>El impulso está surgiendo en Canadá y en algunos estados de Estados Unidos.</p> <p>El objetivo es aumentar y mejorar la resiliencia general de los sistemas energéticos en las próximas décadas</p> <p>La alta preparación tecnológica está empujando al mercado nacional a adoptar aplicaciones de uso final, especialmente en el sector del transporte</p> <p>El desarrollo de normativas e incentivos dirigidos a la movilidad limpia está impulsando el uso de hidrógeno bajo en carbono en el sector del transporte</p> <p>También están surgiendo ambiciones de exportación de hidrógeno bajo en carbono y sus derivados, sobre todo porque la región es ya un exportador neto de energía</p> <p>La prioridad es la creación de núcleos en los que la oferta y la demanda se encuentren en el mismo lugar</p>
Principales factores facilitadores	<p>Cooperación regional y subregional, y cooperación con los mercados importadores para desarrollar las tecnologías del hidrógeno en África y crear una visión compartida del hidrógeno</p> <p>Evaluación de las deficiencias en el desarrollo del capital humano y las infraestructuras</p> <p>Desarrollar la demanda interna en los sectores del transporte, la industria y la agricultura</p>	<p>Aumentar la cooperación bilateral y multilateral para avanzar en la cadena de suministro mundial de hidrógeno bajo en carbono y en el comercio de hidrógeno</p> <p>Enfoque integrado de las políticas energéticas e integración del hidrógeno y sus derivados en muchos aspectos de los sistemas energéticos</p> <p>Apoyo a las tecnologías relacionadas con el hidrógeno y al aumento de su uso en la movilidad</p>	<p>Eliminación de los obstáculos regulatorios en la Unión Europea (y de los desajustes entre los Estados miembros)</p> <p>Más mecanismos de apoyo a la producción y más incentivos a la demanda (por ejemplo, cuotas o CCFD)</p> <p>Apoyar el desarrollo del comercio internacional</p> <p>Una acción más coordinada de la diplomacia del hidrógeno en la UE</p>	<p>Cooperación regional para aumentar la visibilidad del continente y atraer inversiones externas</p> <p>Identificar mejor y aprovechar los puntos fuertes de cada país para una cadena de suministro de hidrógeno baja en carbono integrada</p>	<p>Aumentar la colaboración regional y aprender de los intentos fallidos anteriores</p> <p>Desarrollar ecosistemas locales y aplicaciones de uso final en el mercado local en lugar de crear principalmente una industria de hidrógeno para la exportación</p> <p>Financiar las subvenciones y los mecanismos de apoyo para mejorar la bancabilidad de los grandes proyectos piloto</p>	<p>Escalar y reducir el costo del transporte y la distribución de hidrógeno</p> <p>Apoyo a la financiación de proyectos de I+D, piloto y de demostración</p> <p>Creación de hubs para ayudar a reducir el riesgo de futuros proyectos</p>

Leyenda de los ODS

De los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el desarrollo del hidrógeno con bajas emisiones de carbono en las diferentes regiones podría ayudar especialmente a alcanzar los siguientes:



2: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible



7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos



8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos



9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación



11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles



12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles



13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

OFICIALES DEL CONSEJO MUNDIAL DE ENERGÍA

JEAN-MARIE DAUGER
Presidente

CLAUDIA CRONENBOLD
Vicepresidente - América Latina/Caribe

MIKE HOWARD
Copresidente

ELHAM MAHMOUD IBRAHIM
Vicepresidente - África

NORBERT SCHWIETERS
Vicepresidente - Finanzas

SHIGERU MURAKI
Vicepresidente - Asia Pacífico/Asia del Sur

KLAUS-DIETER BARBKNECHT
Vicepresidente - Alianzas Estratégicas

FAHAD AL TURKI
Vicepresidente - Estados del Golfo / Oriente Medio

LEONHARD BIRNBAUM
Presidente - Comité de Estudios

JOSE ANTONIO VARGAS LLERAS
Presidente - Comité de Programas

OLEG BUDARGIN
Vicepresidente - Congreso, 2022

OMAR ZAAFRANI
Presidente - Comité de Comunicación y Estrategia

BEATRICE BUFFON
Vicepresidente - Europa

ANGELA WILKINSON
Secretario General y Consejera Delegada

PATRONOS DEL CONSEJO MUNDIAL DE ENERGÍA

ISO de California

PwC

EDF

Agencia Sueca de la Energía

ENGIE

Tokyo Electric Power Co

Oliver Wyman

CONSEJO MUNDIAL DE ENERGÍA

<u>Alemania</u>	<u>Federación de Rusia</u>	<u>Países Bajos</u>
<u>Arabia Saudí</u>	<u>Finlandia</u>	<u>Pakistán</u>
<u>Argelia</u>	<u>Francia</u>	<u>Panamá</u>
<u>Argentina</u>	<u>Grecia</u>	<u>Paraguay</u>
<u>Armenia</u>	<u>Hong Kong, China SAR Hungría</u>	<u>Polonia</u>
<u>Austria</u>	<u>India</u>	<u>Portugal</u>
<u>Bahrein</u>	<u>Indonesia</u>	<u>República Dominicana</u>
<u>Bélgica</u>	<u>Irlanda</u>	<u>Rumanía</u>
<u>Bosnia y Herzegovina</u>	<u>Islandia</u>	<u>Senegal</u>
<u>Botswana</u>	<u>Italia</u>	<u>Serbia</u>
<u>Bulgaria</u>	<u>Japón</u>	<u>Singapur</u>
<u>Camerún</u>	<u>Jordania</u>	<u>Sri Lanka</u>
<u>Chile</u>	<u>Kazajistán</u>	<u>Suiza</u>
<u>China</u>	<u>Kenia</u>	<u>Tailandia</u>
<u>Chipre</u>	<u>Kuwait*</u>	<u>Trinidad y Tobago</u>
<u>Colombia</u>	<u>Letonia</u>	<u>Túnez</u>
<u>Congo (Rep. Dem.)</u>	<u>Líbano</u>	<u>Turquía</u>
<u>Corea (Rep.)</u>	<u>Lituania</u>	<u>Vietnam</u>
<u>Costa de Marfil</u>	<u>Malta</u>	
<u>Croacia</u>	<u>Marruecos</u>	
<u>Ecuador</u>	<u>México</u>	
<u>Egipto (Rep. Árabe)</u>	<u>Mónaco</u>	
<u>Emiratos Árabes Unidos</u>	<u>Mongolia</u>	
<u>Eslovenia</u>	<u>Namibia</u>	
<u>España</u>	<u>Nepal</u>	
<u>Estados Unidos de América Uruguay</u>	<u>Níger</u>	
<u>Estonia</u>	<u>Nigeria</u>	
<u>Eswatini (Suazilandia)</u>	<u>Noruega</u>	
<u>Etiopía</u>	<u>Nueva Zelanda</u>	

*A la espera de la aprobación de los miembros

62-64 Cornhill
Londres EC3V 3NH
Reino Unido
T (+44) 20 7734 5996
F (+44) 20 7734 5926
E info@worldenergy.org

www.worldenergy.org | @WECouncil