

Hidrógeno en América Latina

De las oportunidades a corto plazo al despliegue a gran escala

Resumen ejecutivo



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 30 member countries, 8 association countries and beyond.

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at www.iea.org/t&c/

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Source: IEA. All rights reserved.
International Energy Agency
Website: www.iea.org

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Brazil
China
India
Indonesia
Morocco
Singapore
South Africa
Thailand



Resumen ejecutivo

Actualmente, América Latina¹ es una de las regiones líderes del mundo en cuanto al uso de energías renovables y puede ejercer un importante papel para impulsar el uso de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, un elemento esencial para un futuro con cero emisiones netas a nivel mundial. En este contexto, el hidrógeno de bajas emisiones de carbono ha captado la atención de los responsables políticos de la región, especialmente debido al potencial de América Latina a largo plazo para producir grandes cantidades de hidrógeno de bajas emisiones de carbono en condiciones competitivas y exportarlas a otros mercados internacionales. Cuando se redactó este resumen, 11 países² de la región ya habían publicado o estaban preparando estrategias y hojas de ruta nacionales sobre el hidrógeno, y una cartera de más de 25 proyectos relacionados con el hidrógeno de bajas emisiones de carbono estaba en las primeras etapas de desarrollo.

El hidrógeno de bajas emisiones de carbono también puede ejercer un papel esencial en la transición hacia energías limpias de la propia América Latina, donde, en los últimos años, se han producido avances y muchos países no solo han anunciado nuevos y ambiciosos objetivos climáticos y energéticos, sino que también han empezado a emprender acciones para alcanzarlos. Durante la próxima década, las energías renovables variables, la eficiencia energética y la electrificación directa continuarán promoviendo la reducción de las emisiones en la región, utilizando para ello la tecnología existente. A partir de 2030, los esfuerzos por la descarbonización dependerán cada vez más de tecnologías que actualmente no están disponibles en el mercado. Aquí se incluyen, entre otras, las aplicaciones de hidrógeno de bajas emisiones de carbono que podrían sustituir a los combustibles fósiles allá donde la electrificación directa pueda presentar desafíos, así como favorecer la integración de energías renovables proporcionando almacenamiento de energía a largo plazo. La próxima década será crucial para el desarrollo, la demostración y el despliegue inicial de estas tecnologías emergentes antes de que se puedan desplegar a mayor escala de manera económica.

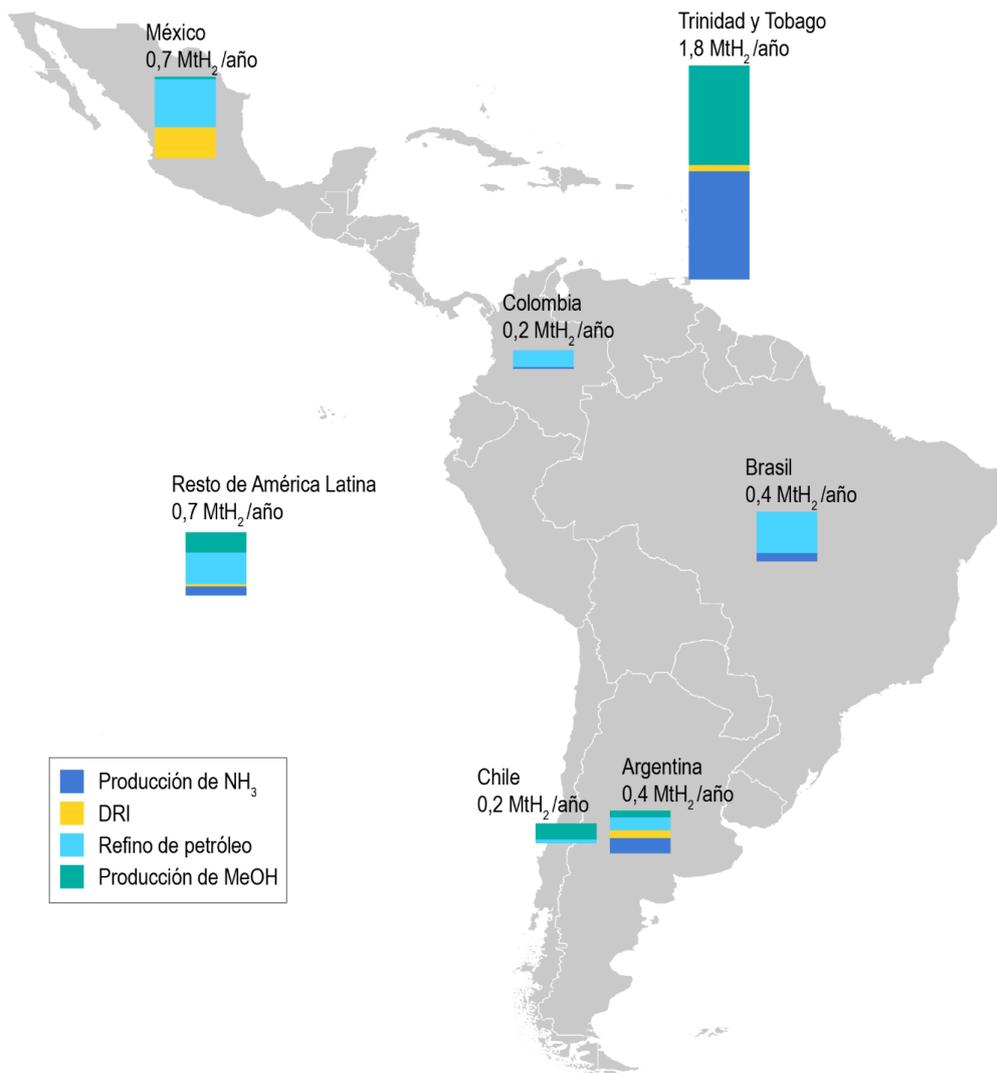
Aunque el uso del hidrógeno no emite dióxido de carbono (CO₂), los procesos de producción actuales son responsables de elevados volúmenes de emisiones en la región. En 2019, los sectores industrial y de refino de petróleo latinoamericanos necesitaron más de cuatro megatoneladas (Mt) de hidrógeno (aproximadamente un 5 % de la demanda mundial) para producir, principalmente, amoníaco, metanol, acero y productos de petróleo refinado. Por tanto, en 2019, para la producción de hidrógeno en

¹ A efectos del presente informe, se incluye el Caribe en la región de América Latina.

² Chile (publicada), Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Panamá, Paraguay, Trinidad y Tobago, y Uruguay (en proceso).

la región se necesitó más gas natural que el suministro total de Chile y se emitió más CO₂ a la atmósfera que el que emiten todos los vehículos de carretera de Colombia. Casi el 90 % de la demanda de hidrógeno de la región en 2019 se concentró en las cinco principales economías³ y en Trinidad y Tobago, que, por sí solo, contabilizó más del 40 % de la demanda total de hidrógeno.

Demanda de hidrógeno en América Latina, 2019



AIE. Todos los derechos reservados.

Notas: Este mapa no conlleva perjuicio alguno respecto al estatus o la soberanía de cualquier territorio, a la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni al nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

Nota: NH₃ = amoníaco; MeOH = metanol; DRI = reducción directa de hierro.

Zonas administrativas (fronteras) basadas en: GADM, versión 1.0, <https://www.diva-gis.org/gdata>.

Fuentes: Estudio de la AIE basado en las estadísticas de la AIE, datos de la Asociación Internacional de Fertilizantes, Wood Mackenzie, el Anuario Estadístico del Acero de la Asociación Mundial del Acero, el Anuario del Instituto Petroquímico Argentino, ANP (Brasil) y el Sistema de Información Energética (México), entre otros.

³ Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México.

En 2019, la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono se reducía a tres proyectos piloto en Argentina, Chile y Costa Rica. Para alcanzar los objetivos energéticos y climáticos de la región, el hidrógeno de bajas emisiones de carbono tendrá que sustituir a la actual producción de hidrógeno intensiva en carbono y responder a la demanda adicional de nuevos usos de las próximas décadas. La producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono podría verse incrementada sustancialmente si se tiene en cuenta la actual cartera de proyectos, que incluye al menos cinco grandes proyectos a escala de gigavatios destinados a la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono a partir de electricidad renovable, destinado principalmente a la exportación y no a cubrir la demanda interna. Para que todo ello repercuta en la transición hacia energías limpias de la propia América Latina, los sectores locales de uso final también deberían beneficiarse de las ventajas competitivas de la región en la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, puesto que les ayudaría a reducir las emisiones, encontrar nuevas oportunidades y generar empleo en un mundo con cero emisiones netas. La versatilidad del hidrógeno como vector energético permite que cada país adapte su estrategia de despliegue a su contexto y a sus prioridades a largo plazo, lo cual supone una oportunidad de aprovechar sus propias ventajas estratégicas, cadenas de valor industriales, capacidades tecnológicas e infraestructuras.

El hidrógeno bajo en carbono tiene el potencial a largo plazo para reducir emisiones y abrir nuevas oportunidades comerciales

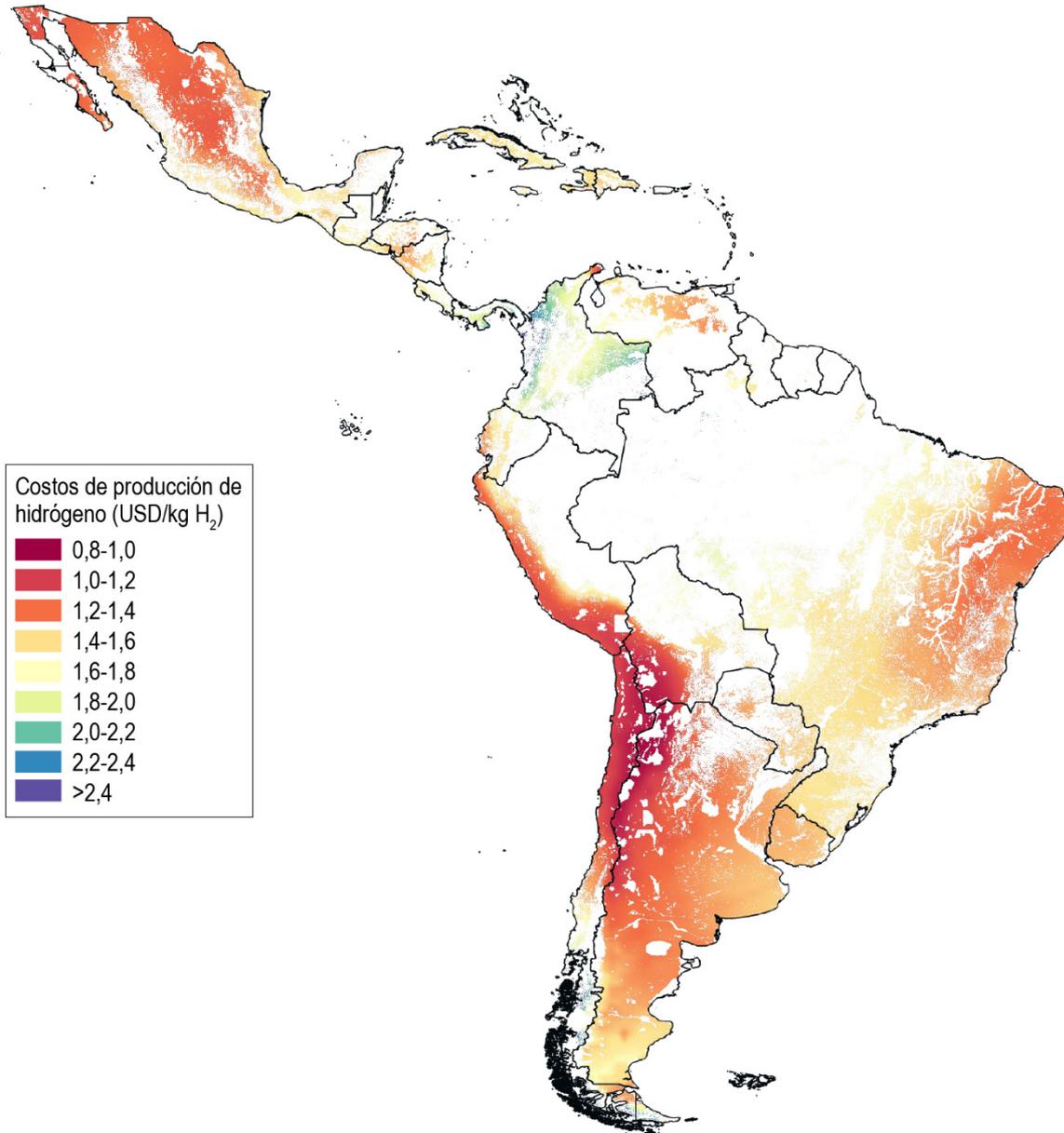
El hidrógeno de bajas emisiones de carbono puede ser uno de los impulsores de la próxima fase de transiciones hacia energías limpias de América Latina, ya que es un sustituto de los combustibles fósiles en usos finales no compatibles con la electrificación directa. Aquí se incluyen aplicaciones de hidrógeno de bajas emisiones de carbono en sectores industriales y de transporte con pocas alternativas tecnológicas para la descarbonización (p. ej., la fabricación de acero y el transporte marítimo de larga distancia), así como otras aplicaciones que pueden resultar complementarias y competir con otras tecnologías sostenibles (p. ej., el transporte por carretera).

Aunque determinados usos del hidrógeno de bajas emisiones de carbono pueden no resultar relevantes en todos los países, pueden ser esenciales para reducir las emisiones en algunos de ellos. Prácticamente todos los países de la región necesitarán descarbonizar el transporte para poder cumplir sus ambiciones energéticas y climáticas, y podrían encontrar oportunidades para desplegar tecnologías a base de hidrógeno en este sector. Sin embargo, las oportunidades de la industria pesada se

concentran en unos pocos países donde la actividad actual es la responsable de un elevado porcentaje de emisiones. En 2019, Brasil y México produjeron más del 80 % del acero de la región. Aproximadamente la mitad de las emisiones de Trinidad y Tobago proceden de la industria química, que produce y consume grandes volúmenes de hidrógeno procedente de combustibles fósiles sin medidas de mitigación. En Chile y en Perú, el uso de hidrógeno de bajas emisiones de carbono en el sector minero podría sustituir grandes volúmenes de diésel y reducir así significativamente las emisiones a largo plazo. Asimismo, los países de América Latina podrían encontrar oportunidades para aumentar sus capacidades industriales y tecnológicas actuales, sus cadenas de valor y su infraestructura como parte de su estrategia de despliegue del hidrógeno de bajas emisiones de carbono a largo plazo.

Algunos países de América Latina tienen potencial para producir más hidrógeno de bajas emisiones de carbono del que pueden consumir, gracias a sus abundantes y competitivos recursos de energías renovables. De aquí a 2030, Chile tiene la ambición de producir y exportar el hidrógeno más competitivo del mundo a partir de electricidad renovable, y en muchos países de América Latina se dan las condiciones necesarias para convertir a la región en uno de los líderes mundiales de la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono. Los países productores de combustibles fósiles también podrían aprovechar la producción e infraestructuras actuales para producir hidrógeno de bajas emisiones de carbono, por ejemplo, capturando y almacenando las emisiones de carbono de las instalaciones de producción de hidrógeno existentes. En algunos países, como Brasil, la disponibilidad de carbono biogénico procedente de biocombustibles existentes e instalaciones de producción de bioelectricidad pueden contribuir a la producción y exportación de combustibles sintéticos, que también necesitan de carbono e hidrógeno.

Costo nivelado de la producción de hidrógeno a través de electrólisis alimentada por energía híbrida solar fotovoltaica y eólica terrestre, América Latina, 2050



AIE. Todos los derechos reservados.

Notas: Este mapa no conlleva perjuicio alguno respecto al estatus o la soberanía de cualquier territorio, a la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni al nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

Supuestos: CAPEX electrolizador = USD 232-341/kW (eólica terrestre y solar fotovoltaica); CAPEX solar fotovoltaica = USD 325/kW; CAPEX eólica terrestre = USD 1.200/kW; eficiencia electrolizador LHV = 74 %; OPEX electrolizador = 3 % del CAPEX; vida útil del sistema = 33 años; tasa de descuento = 6 %.

Zonas administrativas (fronteras) basadas en: GADM, versión 1.0, <https://www.diva-gis.org/gdata>.

Conjuntos de datos meteorológicos: Datos eólicos: Servicio de Cambio Climático Copernicus (2020), datos por hora de ERA5 en niveles simples desde 1970 hasta la actualidad, <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>, Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo. Solar fotovoltaica: renewables.ninja, www.renewables.ninja.

Zonas de exclusión basadas en: ESA y UCL (2011), *GLOBCOVER 2009: Products description and validation*; USGS (1996), *Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30)*; Global Lakes and Wetlands Database (GLWD): Lehner y Döll (2004), "Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands", *Journal of Hydrology*, Vol. 296, números 1-4, 20 agosto 2004, pp. 1-22; FAO-UNESCO (2007), *The Digital Soil Map of the World*; WDPa (2020), diciembre 2020.

Para algunos países, esto puede suponer una oportunidad para exportar productos con bajas emisiones de carbono producidos con hidrógeno, como amoníaco o acero, que ya se comercializan a escala internacional y se podrían beneficiar de los mecanismos de ajuste del carbono que podrían establecerse en algunos mercados durante los próximos años. El aumento del comercio también puede beneficiar a los países que no reúnan las condiciones necesarias para exportar hidrógeno de bajas emisiones de carbono, como Panamá, que se encuentra en el cruce de rutas marítimas comerciales muy importantes y se proyecta como un núcleo de distribución de hidrógeno para la región.

Incentivar la instalación de cadenas de valor para producir equipamiento (p. ej., electrolizadores y pilas de combustible) no solo puede favorecer la reducción de los costos de producción, sino también generar empleo altamente cualificado y oportunidades económicas para la región, lo cual se podría perseguir como un objetivo de las políticas industriales.

Por último, el hidrógeno de bajas emisiones de carbono también puede repercutir en el aumento de la seguridad energética y en la continua integración de las energías renovables en los sistemas eléctricos. El hidrógeno producido a partir de electricidad renovable puede poner fin a las importaciones de gas natural en algunos países. Asimismo, puede favorecer el almacenamiento de electricidad estacional e interanual a partir de los excedentes de energías renovables en una región con altos porcentajes de energía hidroeléctrica y puede proporcionar un suministro estable a partir de energías renovables en sistemas aislados e islas.

Desplegar el hidrógeno bajo en carbono en América Latina será un desafío complejo

El despliegue a largo plazo de la producción y aplicaciones de hidrógeno de bajas emisiones de carbono supone un complejo desafío para América Latina, que tendrá que trabajar en múltiples frentes de manera simultánea y coordinada. Esto solo es posible con el compromiso a largo plazo de todas las partes interesadas, incluidos gobiernos, sector industrial, agencias de investigación e innovación, servicios financieros, sindicatos y sociedad civil.

En comparación con el reciente despliegue de energías renovables variables en la región, la producción y los usos del hidrógeno de bajas emisiones de carbono dependen de muchas tecnologías que aún no están completamente desarrolladas. Por ello, los responsables políticos tendrán que diseñar medidas en consecuencia que permitan apoyar estas tecnologías sostenibles cuando lleguen al mercado, además de políticas más amplias, como las del precio del carbono, para proporcionar señales económicas a largo plazo. América Latina puede aprender de su propia experiencia en

el desarrollo y despliegue de tecnologías de energías limpias, como los biocombustibles para el transporte de Brasil. El reciente despliegue de energías renovables variables en la región pudo contar con los mercados eléctricos y la infraestructura de apoyo existentes para llevar el producto hasta los consumidores. Por otro lado, la demanda de hidrógeno de bajas emisiones de carbono dependerá de la adopción simultánea y coordinada de tecnologías emergentes de uso final y de una infraestructura habilitadora, de modo que será semejante a la introducción del gas natural como combustible en la región.

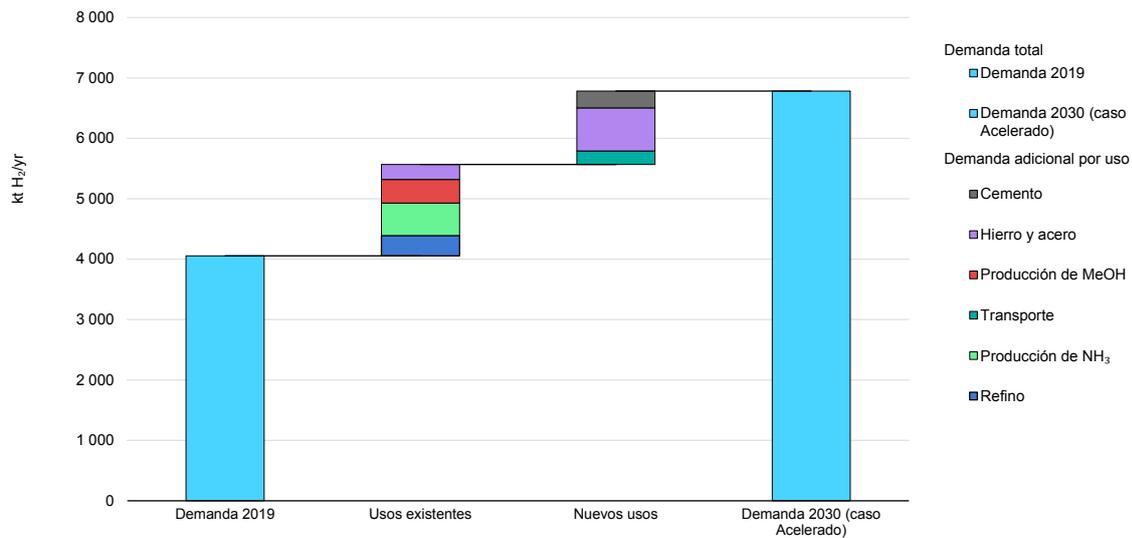
Para implantar a mayor escala el hidrógeno de bajas emisiones de carbono y su uso serán necesarias inversiones que permitan habilitar las infraestructuras, incluidas nuevas líneas de transmisión (para que la electricidad con bajas emisiones de carbono llegue a los electrolizadores para los proyectos conectados a la red), infraestructuras de transporte y almacenamiento de hidrógeno y terminales portuarias. A fin de respaldar este despliegue, se necesitarán nuevas cadenas de valor, como la instalación de plantas productoras de electrolizadores en la región que generen empleo y oportunidades económicas. Para ello, será necesario prestar especial atención a la educación para desarrollar las habilidades y capacidades necesarias en este sector.

La próxima década será crucial para asegurar el potencial a largo plazo del hidrógeno bajo en carbono en América Latina

Actualmente, la región puede hacer mucho por asegurar su lugar en el panorama futuro del hidrógeno de bajas emisiones de carbono. Durante la próxima década, los esfuerzos iniciales deberán dirigirse a apoyar la I+D, los proyectos piloto y el despliegue inicial de tecnologías de producción y consumo de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, así como a sentar las bases para su adopción a gran escala a largo plazo. En los países que se proyectan como futuros exportadores, tanto el establecimiento de programas de certificación y garantías de origen reconocidos internacionalmente como la coordinación de mecanismos con futuros socios comerciales permitirán que estos países vislumbren las oportunidades comerciales emergentes para el hidrógeno de bajas emisiones de carbono y sus productos derivados.

Sin embargo, los usos existentes del hidrógeno seguirán dominando la demanda en América Latina hasta el 2030, año en el que los nuevos usos en la industria y el transporte aún supondrán menos del 20 % de la demanda potencial total de hidrógeno. Estos usos existentes pueden integrar los crecientes porcentajes de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, sustituyendo de este modo a las alternativas intensivas en emisiones y favoreciendo la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono a corto plazo, sin necesidad de una inversión adicional en infraestructura de uso final.

Cambios en la demanda de hidrógeno por sector, caso Acelerado, América Latina, 2019-2030



AIE. Todos los derechos reservados.

Nota: El caso Acelerado recoge una visión optimista del despliegue de las tecnologías de uso final del hidrógeno para 2030, partiendo de la base de que, para entonces, entrarán en vigor políticas energéticas y climáticas más ambiciosas, y el progreso técnico-económico y las infraestructuras necesarios para las aplicaciones analizadas serán una realidad.

Fuentes: Estudio de la AIE basado en las estadísticas de la AIE, estudios por países y datos de la Asociación Internacional de Fertilizantes, Wood Mackenzie, el Anuario Estadístico del Acero de la Asociación Mundial del Acero, el Anuario del Instituto Petroquímico Argentino, ANP (Brasil) y el Sistema de Información Energética (México), entre otros.

El desarrollo de normas de seguridad y tecnológicas es un requisito previo para usar el hidrógeno en nuevas aplicaciones, especialmente cuando estas son cercanas al consumidor, como los vehículos de pila de combustible o el uso de hidrógeno en edificios. Determinadas tecnologías de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, como los vehículos de pila de combustible, también se enfrentarán al dilema de «el huevo o la gallina» desde el principio, ya que su adopción depende de que las infraestructuras de apoyo necesarias estén listas a tiempo. Los programas de certificación y garantía de origen también deberán ser una prioridad inicial, ya que se necesitan varios años para que estén completamente desarrollados e implementados. Estos programas pueden fomentar la demanda local de hidrógeno de bajas emisiones de carbono y, a largo plazo, generar oportunidades de comercio internacional en la región (suponiendo que estos programas cuenten con el reconocimiento de los socios comerciales).

En la próxima década, la modernización de las instalaciones de producción de hidrógeno existentes con captura y almacenamiento de carbono podrá ser la vía de producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono más competitiva en muchos lugares, especialmente en aquellos que necesitan grandes volúmenes de hidrógeno y un suministro estable, como las plantas de amoníaco y las grandes refinerías de petróleo. No obstante, esencialmente, esto depende de la disponibilidad de puntos de almacenamiento permanente de CO₂ y de infraestructuras. Muchos países también

encontrarán oportunidades para empezar a producir hidrógeno a partir de agua y de electricidad con bajas emisiones de carbono, una vía tecnológica que casi con toda certeza se convertirá en la opción con bajas emisiones de carbono más competitiva de la región a mediano y largo plazo a medida que la generación de energías renovables y los electrolizadores vayan siendo más asequibles.

Se necesitarán recursos públicos para I+D y proyectos de demostración, así como para apoyar la adopción temprana de tecnologías de hidrógeno emergentes, ya que estas tecnologías con bajas emisiones de carbono serán, en la mayoría de los casos, más caras que las alternativas con altas emisiones de carbono. A medida que la tecnología se desarrolle y sea más rentable, se podrán eliminar gradualmente las medidas de apoyo económico y sustituirlas por medidas de carácter regulador.

Recomendaciones para los responsables políticos

Dada la complejidad del desafío, los responsables políticos deberán poner en práctica una combinación adaptada y cuidadosamente programada de políticas y medidas de carácter regulatorio orientada por prioridades estratégicas a fin de aprovechar los beneficios del hidrógeno de bajas emisiones de carbono. Cada país tiene ante sí un conjunto de oportunidades y desafíos propios con respecto a la demanda y el suministro de hidrógeno existentes, las potenciales vías de producción de bajas emisiones de carbono y sectores de demanda, las cadenas de valor industriales existentes, la infraestructura y los ecosistemas de los actores del mercado, y las capacidades tecnológicas y los servicios financieros, por nombrar solo algunos aspectos esenciales. Por tanto, la planificación estratégica debe partir de un minucioso análisis del escenario de referencia y de una visión clara del cometido del hidrógeno en la transición nacional hacia las energías limpias, así como de la posición del país en el futuro panorama mundial del hidrógeno. A partir de estos estudios, la publicación de hojas de ruta ayuda a generar avances en el sector público, en las inversiones privadas y en los círculos académicos para aunar fuerzas ante el objetivo de hacer realidad la promesa del hidrógeno.

Junto con los esfuerzos de planificación nacionales, en el ámbito regional se dan oportunidades adicionales que se deberían tener en cuenta a la hora de determinar los ámbitos de acción nacional. Durante las fases iniciales de I+D, proyectos piloto y despliegue, la colaboración regional puede acelerar el aprendizaje y aprovechar las sinergias, lo que permite reducir el tiempo de comercialización y garantizar la adaptación de las tecnologías a los requisitos regionales. El despliegue del hidrógeno a gran escala tiene potencial para crear un nuevo sector industrial de producción de equipos de alta tecnología. Las cadenas de suministro regionales de fabricación de equipos (como electrolizadores y pilas de combustible) podrían generar oportunidades y empleo no solo en las principales economías, lo que pone de relieve la importancia

de contar con normas armonizadas y programas de certificación que faciliten la cooperación y el comercio internacional. El diálogo internacional y la coordinación serán importantes para promover las conexiones necesarias entre las diferentes partes interesadas y actores del mercado, así como para posicionar a la región en el futuro panorama del hidrógeno de bajas emisiones de carbono. Teniendo en cuenta sus ambiciones globales, la región debería participar activamente en las iniciativas que puedan esbozar el futuro de los mercados de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, como la [Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative](#), la [International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy](#), la Mission Innovation [Clean Hydrogen Mission](#) y el [IEA Hydrogen Technology Collaboration Programme](#).

El hidrógeno de bajas emisiones de carbono puede suponer una gran oportunidad para América Latina en un mundo con cero emisiones netas. El presente informe recoge seis recomendaciones para los responsables políticos de América Latina, que desde hoy pueden emprender las acciones necesarias para garantizar estas oportunidades a largo plazo:

- Definir una visión a largo plazo para el hidrógeno en el sistema energético.
- Identificar oportunidades a corto plazo y respaldar el despliegue inicial de tecnologías clave.
- Dar apoyo a los primeros programas de financiación y reducir el riesgo de inversión.
- Centrarse en I+D y en la formación para aprovechar beneficios adicionales a la reducción de emisiones.
- Utilizar programas de certificación para incentivar la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono y generar oportunidades de mercado.
- Cooperar a escala regional e internacional para posicionar a América Latina en el panorama mundial del hidrógeno.

Spanish translation of *Hydrogen in Latin America (Executive Summary)*

El presente documento fue publicado originalmente en inglés. Aunque la AIE no ha escatimado esfuerzos para asegurar que su traducción al español constituya un reflejo fiel del texto original, se pueden encontrar ligeras diferencias.

No reproduction, translation or other use of this publication, or any portion thereof, may be made without prior written permission. Applications should be sent to: rights@iea.org

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication. Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA. All rights reserved.

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset in France by IEA - August 2021

Cover design: IEA

Photo credits: © Shutterstock

Hydrogen H_2

