

La producción de Hidrógeno con tecnologías limpias como medio para acelerar la transformación energética en la región

Energía y Recursos Naturales • Mayo de 2022



Contenido

04 Introducción

06 Hidrógeno verde en América Latina: situación actual y perspectivas de desarrollo

16 Consideraciones finales

17 Referencias

Leyenda de botones:



Ir a la página de contenido



Ir hacia adelante o hacia atrás



Ver más información

Este informe ha sido desarrollado por los socios líderes de la industria en coordinación con el Equipo de Marketing y Comunicaciones de KPMG Clúster en América del Sur.

Contenido y aspectos técnicos:
Manuel Fernandes

Análisis y redacción:
Matias Cano // Ricardo Lima

Diseño y diagramación:
Alexander Buendía // Marianna Urbina

Coordinación:
Elizabeth Fontanelli // Florencia Perotti



Teniendo en cuenta la realidad que atraviesa la región de América Latina, que combina crisis socioeconómicas persistentes con abundancia de recursos naturales y condiciones propicias para la producción de energías renovables, resulta oportuno efectuar un relevamiento sucinto sobre las perspectivas que la región tiene en materia de hidrógeno verde, y cómo puede contribuir a la transformación de las matrices energéticas globales y a la transición hacia una economía baja en carbono apoyándose en una estrategia de planificación y desarrollo sostenible de este combustible.



Introducción

América Latina y, en particular, los países que conforman el cono sur de esa región se destacan a nivel global por su potencial para la producción de energías renovables. De acuerdo con datos relevados por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), la región ha sido testigo de un crecimiento sin precedente en la capacidad instalada de generación con este tipo de fuentes en los últimos diez años (+60% entre 2010 y 2020), pasando de una oferta de 155.000 MW a otra de 250.000 MW, y con una participación creciente de fuentes distintas a la hidroeléctrica, tales como biomasa, solar y eólica, que por su abundancia y costos decrecientes están ganando espacios en la oferta de generación de la región. En paralelo, y como consecuencia de lo anterior, cifras aportadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA)¹ revelan que en la actualidad alrededor del 55% de la generación eléctrica de América Latina proviene de fuentes de origen renovable, principalmente de la hidroeléctrica; cuando la media global, en general, no supera el 35%. Países de la región como Uruguay, Paraguay o Costa Rica, por ejemplo, disponen de un sector energético casi completamente descarbonizado; en tanto que otros como Argentina, Brasil, Chile o Colombia están realizando esfuerzos denodados por incorporar de manera creciente las fuentes renovables a sus matrices energéticas.

En este escenario, que sin duda ha sido impulsado por la problemática del cambio climático y la necesidad global por reducir la emisiones contaminantes, el hidrógeno bajo en carbono, especialmente el “verde”, es decir aquel que es producido mediante el uso de fuentes de energía renovable; ha estado recientemente escalando peldaños y atrayendo la atención de los países de la región y “policy-makers”, sobre todo a raíz del potencial de largo plazo que América Latina tendría para producir y exportar de manera competitiva grandes volúmenes de este producto a futuro. Como resulta lógico, la oportunidad latente sumada a las buenas condiciones “productivas” existentes en la región, han impulsado un conjunto de iniciativas orientadas al hidrógeno bajo en carbono que ya cuenta con una gran cantidad de proyectos en distintas etapas de desarrollo, es decir en concepto, estudio de factibilidad, financiamiento, construcción, o en estado operacional; y afectados a varios países de la región², principalmente en Chile, Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Paraguay y Uruguay.

En términos generales, el hidrógeno es un combustible que puede producirse mediante el uso de un conjunto nutrido de fuentes de energía (carbón, petróleo, gas natural, biomasa, y energías renovables o nucleares) y tecnologías, particularmente el reformado con vapor (a base de hidrocarburos), la electrólisis (mediante la aplicación de una corriente eléctrica que separa el oxígeno del hidrógeno en el agua, y que puede ser generada a partir de fuentes renovables o no-renovables), la gasificación (que aplicada a biomasa es una tecnología prometedora, pero a futuro) y la hidrólisis, entre otras. Asimismo, en los últimos años se han comenzado a utilizar “colores” para referirse al medio o tecnología utilizada para producirlo (por ejemplo, *verde* para el hidrógeno

producido a partir de energías renovables, *rosa* al generado mediante el uso de energía nuclear, *gris* para el producido a partir de gas natural sin captura, o *azul* al producido a partir de gas natural con captura, utilización y almacenamiento de CO² [o, de manera abreviada, CCUS]), como así también distintos términos, tales como “sostenible”, “bajo en carbono” o “limpio” (IEA, 2021).

Tal vez la característica principal del hidrógeno, y su importancia en la actualidad, radica no solo en que es un combustible que puede ser producido a un costo viable (de entre 0,50 y 1,70 US\$/KgH₂ para el producido mediante fuentes de origen fósil; y de entre 3 y 8 US\$/KgH₂ para el de origen renovable)³, sino que,



a diferencia de otros que son ineludiblemente contaminantes, como los de origen fósil, puede ser generado a partir de fuentes renovables en grandes cantidades, favoreciendo así la descarbonización. De allí, que se lo conozca como el “combustible del futuro”. Si bien en la actualidad solo una fracción minúscula del hidrógeno producido a nivel global es “bajo en carbono” –alrededor del 10%⁴, siendo el 0,5% del total hidrógeno “verde” o generado mediante “electrólisis”–; la IEA destacó en un documento publicado en 2019⁵ que tal realidad podría cambiar en los próximos años, **sobre todo teniendo en cuenta la caída que vienen experimentando tanto los costos de producción de las energías renovables**, particularmente para la generación eléctrica, **como los asociados a las tecnologías utilizadas para generar hidrógeno “limpio”** (especialmente la electrólisis), y que bien podrían llevar el costo de generación de este combustible a un rango de entre los 2 y 4 US\$/KgH₂ para 2030, y a menos de 3 US\$/KgH₂ para 2050 (pudiendo llegar a cifras menores en países como Argentina, Brasil y Chile, que, según publicaciones especializadas en la materia⁶, se perfilan como los productores más “baratos” del mundo para 2050, con costos que podrían alcanzar los 0,55 US\$/KgH₂ para ese año), transformándolo en una alternativa altamente competitiva, incluso para el hidrógeno gris, que es el de mayor producción en la actualidad.

A pesar de ser globales, estas cifras y proyecciones muestran a las claras el futuro que le depara al hidrógeno en general y al de **origen renovable o bajo en carbono** en particular. Teniendo en

cuenta la realidad que atraviesa la región de **América Latina**, donde se combinan crisis socioeconómicas persistentes con abundancia de recursos naturales y condiciones propicias para el desarrollo de las energías renovables, resulta oportuno efectuar un relevamiento sucinto sobre las perspectivas que la región tiene en materia de producción de hidrógeno bajo en carbono, especialmente el de origen renovable; y cómo puede contribuir a la transformación de las matrices energéticas globales y a la transición hacia una economía baja en carbono. En última instancia, la idea rectora debería estar apoyada en una **estrategia regional integrada que reúna políticas domésticas, planificación y, sobre todo, condiciones normativas, jurídicas y financieras adecuadas** que faciliten y fomenten las inversiones para el desarrollo de este combustible.

La primera sección de este documento tiene por objetivo presentar las cifras y estadísticas sobresalientes en materia de oferta, demanda y precios del hidrógeno, como así también sus perspectivas inmediatas y futuras, **y el papel de la región de América Latina en esta industria**, especialmente en relación con el aún emergente hidrógeno “verde”. Finalmente, en la última sección se ofrecen algunas consideraciones finales apoyadas en el texto desarrollado, orientadas a fomentar la discusión sobre esta temática y, particularmente, a generar conciencia sobre el delicado momento que vive el mundo en materia climática y la oportunidad que nos ofrecen tanto las energías renovables como el hidrógeno producido a partir de éstas.

Si bien en la actualidad solo una fracción minúscula del hidrógeno producido a nivel global es “bajo en carbono”, la IEA destacó que tal realidad podría cambiar en los próximos años.



Hidrógeno verde en América Latina: situación actual y perspectivas de desarrollo.

Según el último reporte global de hidrógeno de la IEA (IEA, 2021)⁷, la demanda global de este combustible fue de 90 millones de toneladas (Mt) en 2020⁸. Mientras el 90% de ese total fue de producción de origen fósil, utilizando fundamentalmente gas natural, fuente que explica el 60% de lo producido a nivel mundial; y tecnologías de reformado con vapor y sin captura de carbono, que es el método convencional utilizado en la actualidad, el 10% restante estuvo asociado a la producción de hidrógenos bajos en carbono, mayormente mediante el uso de gas natural con captura, utilización y almacenamiento de CO₂ (CCUS) y, en una muy pequeña cantidad, a partir de electrólisis.

Como queda resaltado en la **Figura N° 1**, las industrias que utilizan mayormente el hidrógeno como materia prima en sus procesos productivos son, actualmente, la industria química, las refinerías y, en menor proporción, la industria del acero o metalúrgica. Mientras la industria química utiliza el hidrógeno para producir amonio y metanol (consumiendo más del 50% del hidrógeno producido globalmente en este proceso), las refinerías y la industria metalúrgica lo utilizan, respectivamente, como reactivos y fuente de energía (40%), y en la reducción directa del hierro para la fabricación de acero (5%).

En un escenario de cumplimiento de las metas de reducción global de emisiones contaminantes (más conocido por lo especialistas como “cero neto”⁹), la **Figura N°1** muestra también cuáles deberían ser los niveles de producción y demanda global de hidrógeno de aquí a 2050¹⁰. En ese sentido, **se espera que el combustible alcance los 212 millones de toneladas para 2030 y alrededor de las 530 millones de toneladas para 2050**, pero con una contribución creciente del hidrógeno bajo en carbono (especialmente, del producido a partir de fuentes renovables), el cual, siguiendo los supuestos en los que se apoya este escenario, **debería representar el 18% del total**

demandado a nivel global en 2025, el 70% en 2030, el 91% en 2040 y el 99% en 2050. Adicionalmente, la **Figura N°2** exhibe cómo debería ponderar hacia 2050 la demanda de hidrógeno verde, que es la variedad de interés en este trabajo. Como puede apreciarse, el combustible producido mediante electrólisis (también conocido como hidrógeno electrolítico) gana terreno en las proyecciones de la IEA, no solo dentro del total global demandado sino, particularmente, en su contribución dentro de las variantes bajas en carbono, superando incluso al hidrógeno azul para el final del período analizado. En este escenario, **el hidrógeno verde llegaría al 61% de la demanda global para 2050.**

Figura N° 1

Demanda de hidrógeno con proyección a 2050 en el escenario "cero neto". Principales usos. Datos globales.

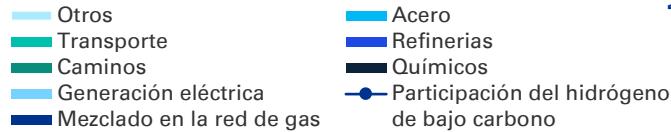


Figura N° 2

Demanda de hidrógeno con proyección a 2050 en el escenario "cero neto". Principales tecnologías. Datos globales.



Figura N° 3

Demanda de hidrógeno en la industria con proyección a 2030 en el escenario de "proyectos anunciados". Regiones. (en porcentaje del total demandado en la industria)



Figura N° 4

Demanda de hidrógeno con proyección a 2030 en el escenario "cero neto". Latinoamérica. (en millones de toneladas, o Mt)



Nota: i) Las cifras proyectadas hacia adelante (2030 y 2050) suponen el pleno cumplimiento de las metas estipuladas en el escenario "cero neto" (ver nota al pie N° 9). Teniendo en cuenta que este escenario aún se encuentra lejos de aquel que resulta de sumar los proyectos en desarrollo y anunciados por los países, **las cifras expuestas en la figura deben ser consideradas solo como un ejemplo potencial**. Por ejemplo, la IEA estima una demanda de alrededor de 250 Mt en 2050 teniendo en cuenta solamente los proyectos anunciados y en desarrollo (IEA, 2021), o alrededor del 50% del volumen proyectado en el escenario cero neto; ii) A diferencia de otros trabajos que tratan el tema, **en el presente no se hace distinción entre hidrógeno puro y de mezcla**. Solo interesan los totales; iii) La categoría "otros" incluye "edificios", "otras industrias", "aviación" y otros sectores; iv) El escenario de "proyectos anunciados" solo tiene en cuenta las iniciativas en desarrollo y anunciadas para proyectar las cifras en 2030; v) La proyección a 2030 para Latinoamérica se estimó aplicando la participación de cada país en la demanda de 2019 (4,1 Mt) sobre la estimación de la IEA para 2030 (6,2 Mt); vi) La proyección de la participación del hidrógeno bajo en carbono hacia 2030 para Latinoamérica se estimó siguiendo la proyección mundial de la IEA para ese año.

En materia regional, mientras Asia Pacífico es el principal productor y consumidor de hidrógeno a nivel mundial (especialmente China, que se queda con más del 60%), Europa, Medio Oriente y Norteamérica (EE. UU. y Canadá) ocupan los siguientes peldaños **(Figura N°3)**. América Latina, por su parte, **contribuye en la actualidad con apenas el 4% o 5% de la demanda global de hidrógeno** (en 2019, fue de 4,1 Mt), siendo el cono sur (Argentina, Brasil, Chile y Colombia), México y, particularmente, Trinidad y Tobago (que demandó 1,8 Mt en 2019 y 1,5 Mt en 2020, quedándose con alrededor del 40% de la demanda total regional) las jurisdicciones o territorios donde se concentra la mayor parte de ésta **(Figura N°4)**. Como detalla la IEA en un informe realizado recientemente para América Latina (IEA, 2021)¹¹, **más del 90% de la producción latinoamericana de hidrógeno proviene de los combustibles fósiles y del uso de tecnologías que no capturan o almacenan las emisiones de CO²**. Tal y como sucede en el resto del mundo, el gas natural, un recurso que es abundante en la región, es la principal materia prima utilizada, representando al mismo tiempo una de las mayores problemáticas en materia climática, ya que los niveles de consumo de gas suelen ser significativos en la producción de hidrógeno, generando al mismo tiempo grandes cantidades de emisiones contaminantes¹². No obstante, la potencialidad de la región en materia de desarrollo de energías renovables y, en consecuencia, de hidrógeno bajo en carbono, podría llevar a Latinoamérica, siguiendo los pronósticos globales, **a una producción de esta variedad que podría representar el 70% del total para 2030**, siendo un 40% producido mediante electrólisis.

En ese sentido, **teniendo en cuenta la capacidad de contribución potencial del hidrógeno bajo en carbono en la carrera hacia la descarbonización global**, gran parte de las expectativas en este camino están puestas en el desarrollo exponencial de esta variedad del combustible. Y según un informe elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021)¹³, existen al menos **cuatro elementos que explicarían las perspectivas de crecimiento abonadas al hidrógeno bajo en carbono** para los próximos años.

En primer lugar, la necesidad latente de contar con una tecnología que permita electrificar aquellos sectores que resultan difíciles de incluir en el proceso de descarbonización que el mundo está llevando adelante. En ese sentido, el hidrógeno bajo en carbono podría ser una parte de la solución, particularmente en sectores altamente contaminantes como el transporte y la industria (especialmente en la química y en las refinerías) que, junto a la generación de energía, producen la mayor parte de las emisiones anuales de CO² **(Figura N° 5)**. De esta manera, la incorporación gradual de esta variante y de nuevas tecnologías que incrementen la participación de las fuentes renovables en la oferta de generación eléctrica y/o mejoren/aumenten la captura y almacenamiento de las emisiones de CO², podrían acelerar el proceso de descarbonización y ajustar la brecha que aún nos separa del ansiado “cero neto” estipulado para 2050. A pesar de que el desafío de incluir el hidrógeno bajo en carbono en determinados sectores parece, al menos en principio, una tarea por demás compleja (especialmente en las refinerías, la

Más del 90% de la producción latinoamericana de hidrógeno proviene de los combustibles fósiles y del uso de tecnologías que no capturan o almacenan las emisiones de CO².

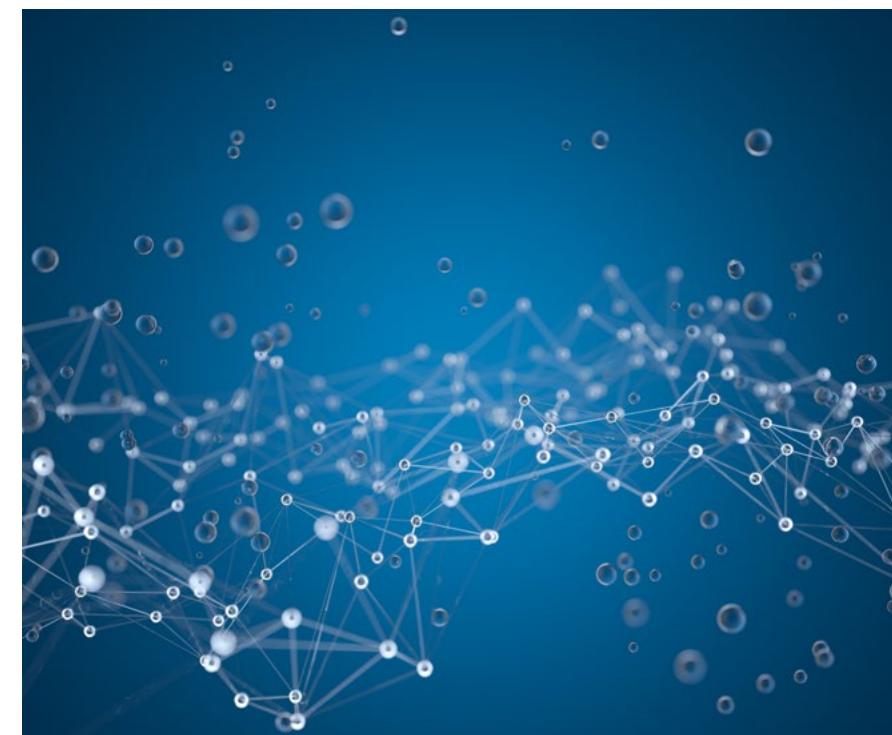
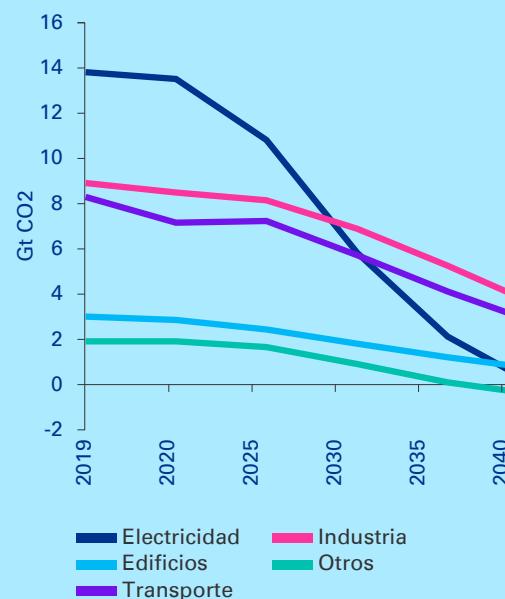


Figura N° 5

Emisiones netas de CO² por sector.
Datos globales.
 (en miles de millones de toneladas, o Gt de CO²)

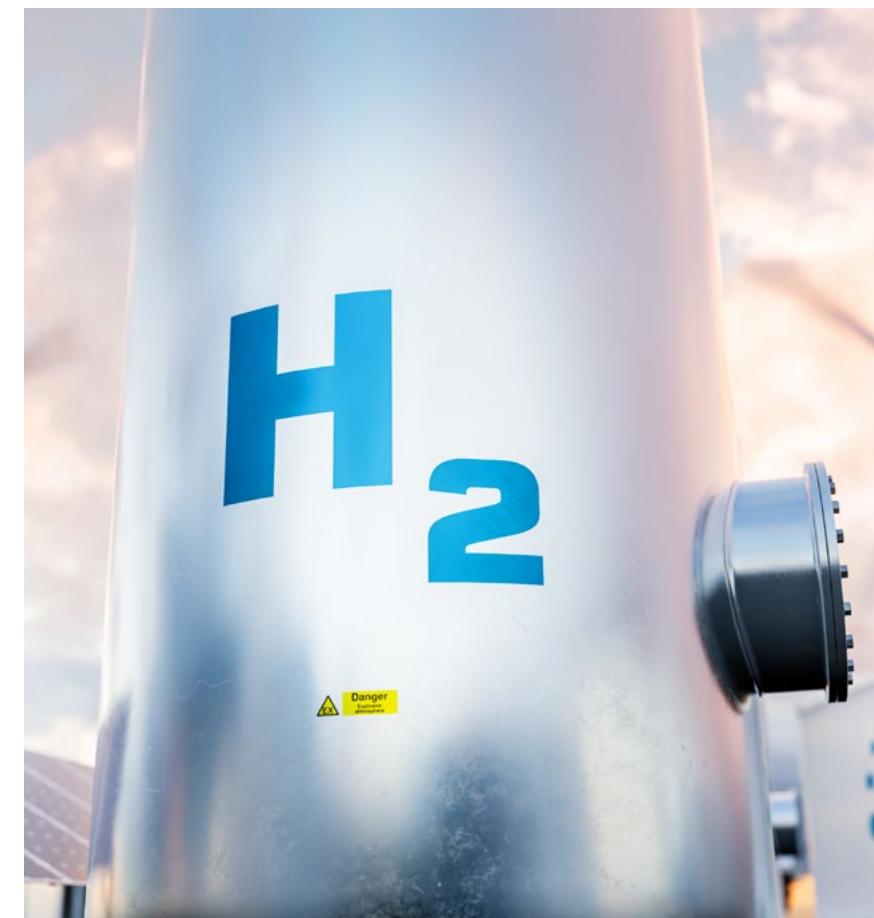


industria y en el sector de generación de energía eléctrica, donde el mayor costo económico de esta variedad o su baja representatividad como insumo o combustible representan los mayores obstáculos a su implementación), las perspectivas son auspiciosas para esta variante hacia 2050, sobre todo en materia de hidrógeno verde o electrolítico.

A lo anterior, deben sumarse, en **segundo lugar**, el incremento que vienen experimentando los servicios de almacenaje de la energía, que son necesarios para compensar oferta y demanda en un momento en el que las energías renovables intermitentes (eólica y solar, por ejemplo) están aumentando su participación en las matrices eléctricas de todos los países; y, en **tercer lugar**, el interés creciente de los países por incrementar las inversiones destinadas al desarrollo doméstico del hidrógeno verde, con el objetivo de poder alcanzar economías de escala en el mediano plazo y ser competitivos en los mercados de exportación de este producto a futuro. **Una tendencia que podría ser impulsada principalmente por los países de Latinoamérica.** Finalmente, en **cuarto lugar, la evidente caída que vienen experimentando los costos de producción de este combustible y de las energías renovables en general**, sobre todo teniendo en cuenta que el hidrógeno verde podría ser incluso más barato que el gris para

Nota: i) NG es “Gas Natural”, cuyos precios son estimados en función de un precio estandarizado para el gas; ii) Los LCOE de los años 2021 en adelante surgen de la base de precios subastados de IRENA; iii) El rango de valores de los LCOH2 para Latinoamérica fueron obtenidos del informe “Latin America’s hydrogen opportunity: from national strategies to regional cooperation”, IEA, 2020.

2050, especialmente en **América del Sur**, donde países como Argentina, Brasil y Chile se preparan para producir a costos que podrían llegar a US\$ 0,55 KgH₂¹⁴.



Teniendo en cuenta que los precios de las diferentes fuentes de energía renovable vienen mostrando una tendencia decreciente en los últimos años, la **Figura N°6** retrata el comportamiento reciente y esperado del costo nivelado de la generación eléctrica basado en estas fuentes (LCOE, por sus siglas en inglés). Impulsado por las mejoras tecnológicas, las economías de escala y la fuerte competencia en las subastas, los LCOE exhiben un claro trayecto descendente para el período analizado (2010 – 2023), especialmente en las opciones solares (solar y CSP) y eólicas (terrestre y marina). A modo de ejemplo, entre los años 2010 y 2021 hubo, respectivamente, una caída del 89% y 77% en los costos relacionados a la generación solar y solar concentrada (CSP), mientras los afines a otras fuentes limpias, como la eólica terrestre y marina, lo hicieron en un 51% y 30%. Adicionalmente, y si bien algunas fuentes ya han alcanzado o perforado el rango de valores estimado para los combustibles fósiles (de entre 0,055 US\$/kWh y 0,148 US\$/kWh), como es el caso de la eólica terrestre y la solar; los datos existentes sobre precios subastados publicados por IRENA, y que, de alguna manera, enmarcan la tendencia de estos hacia adelante, permiten estimar que las caídas hacia 2023 y años venideros podrían continuar acelerándose, cayendo por debajo del límite inferior del rango establecido para los fósiles y **potenciando (aún más) la rentabilidad de la inversión en renovables**. Esta perspectiva representa una oportunidad inmejorable para que los gobiernos prioricen las energías limpias de aquí en adelante y, en particular, para revertir la tendencia de producción de hidrógeno hacia variantes más limpias. Esta situación queda reflejada y justificada en la **Figura N°7**, donde las expectativas están puestas en un descenso gradual pero sostenible del costo nivelado de producción (LC) del hidrógeno verde en el mediano plazo –de entre US\$ 2 y 4 por Kg de H₂ verde para 2030, como resultado del abaratamiento de los costos medios asociados a la electrólisis, lo que se alcanzará mediante el incremento de

Figura N° 6

Costo nivelado de la energía eléctrica a partir de energías renovables. Datos globales. (en dólares por kWh)

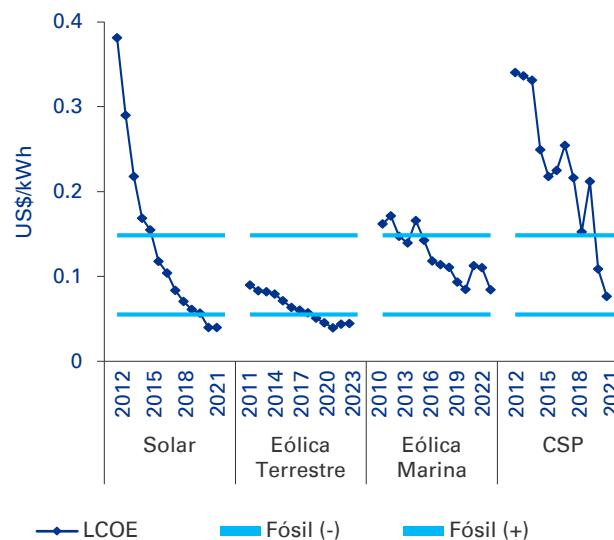
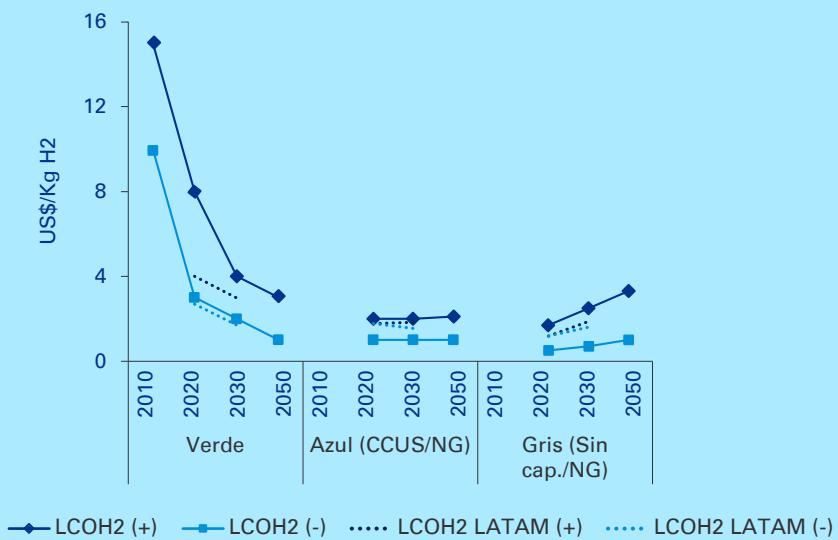


Figura N° 7

Costo Nivelado Del Hidrógeno. Datos Globales Y Latinoamérica. (en dólares por Kg de H2)



la capacidad instalada y el aprovechamiento de las economías de escala—, permitiéndole alcanzar hacia 2050 el costo asociado al hidrógeno gris a nivel global e incluso, y muy posiblemente, **cifras inferiores en algunos países de Latinoamérica**. De hecho, los datos proporcionados por IEA permiten apreciar que el costo promedio regional de esta variante podría llegar a un rango de entre US\$ 1,7 y US\$ 3 por Kg de H2 verde para 2030, es decir, por debajo de las cifras globales; y, aún más interesante, que la tendencia continuará su declive hacia adelante, pudiendo llegar a valores menores a la unidad por Kg de H2 verde para 2050.

Como destaca la IEA en otro análisis realizado para Latinoamérica y su potencial en materia de hidrógeno bajo en carbono (IEA, 2020)¹⁵, varios países latinoamericanos, tales como Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México, comparten características que los hacen candidatos indiscutidos y de alta contribución futura en los niveles proyectados de producción y exportación de hidrógeno verde. No obstante, el informe también destaca que, a pesar de que el hidrógeno producido a partir de electricidad renovable representa una oportunidad muy atractiva para los países de la región en el largo plazo, en el corto a mediano plazo la región también debería planificar y diseñar una estrategia para el desarrollo de la variante azul, lo cual implica la incorporación creciente de tecnologías de captura de carbono (CCUS), sobre todo en países como Argentina y Brasil, “cuyas instalaciones de producción de hidrógeno existentes podrían modernizarse con unidades de captura” (IEA, 2021) mediante la articulación de políticas y mecanismos que

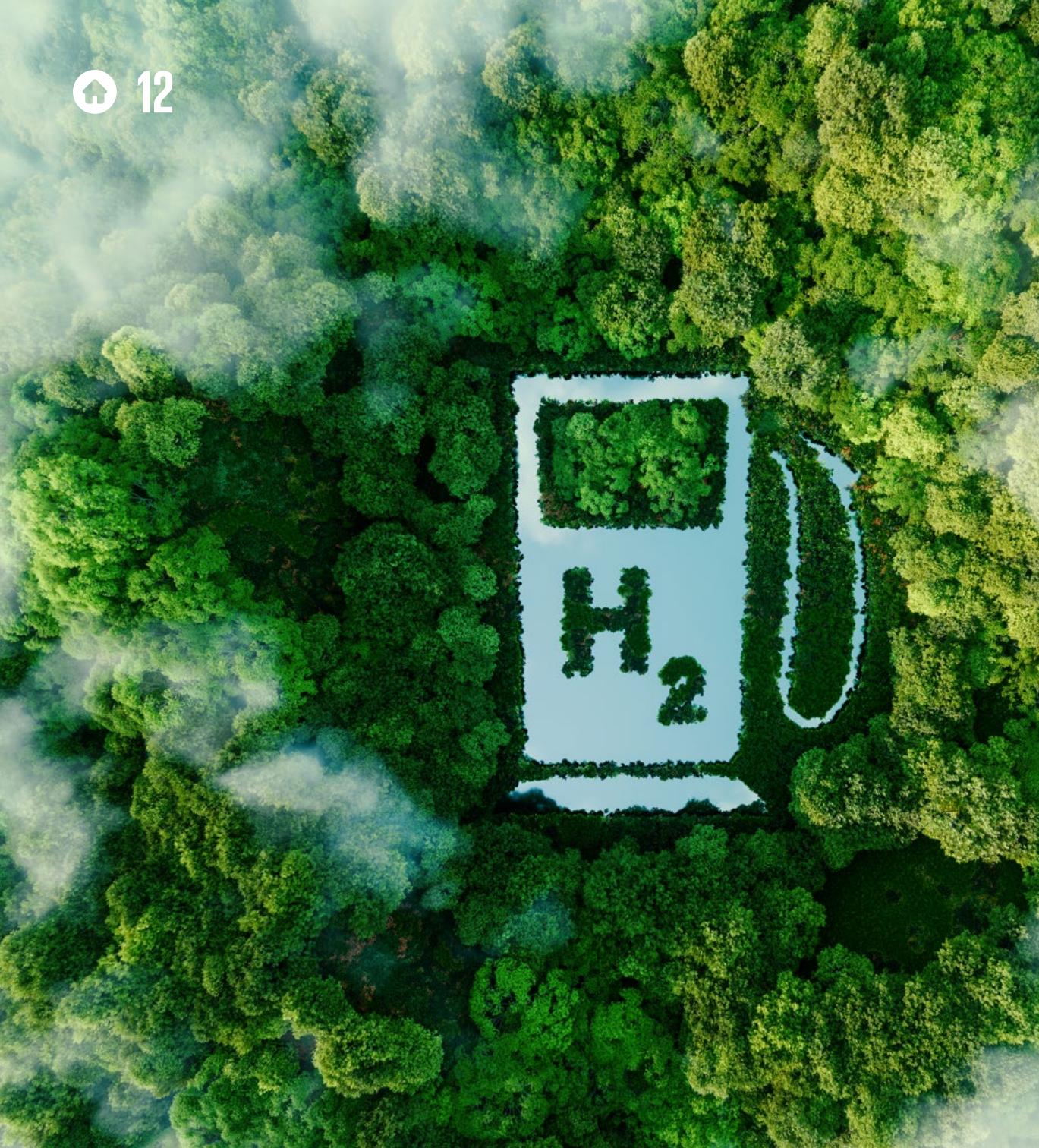
fijen precios al carbono u otros alicientes similares que impulsen a las industrias a emprender el camino hacia la descarbonización y optar por estas alternativas más limpias.

Relacionado a este último punto, la misma agencia (IEA, 2021)¹⁶ ya ha señalado que la electrólisis ha alcanzado el nivel de madurez necesario para operar a escala (lo que debería traducirse en una reducción sensible de los costos medios de producción), **sobre todo teniendo en cuenta los incrementos sustanciales que ha observado la capacidad instalada de esta tecnología en los últimos años**, especialmente en el trienio 2018 – 2020 y a contramano de los efectos adversos producidos por la pandemia de COVID-19 en la mayoría de los indicadores económicos globales, incluidas las inversiones. En la actualidad, la capacidad instalada global de electrólisis se encuentra en 300 MW¹⁷. De ese total, Europa posee el 40% (116 MW), región que seguirá siendo dominante en este mercado gracias a las políticas de estímulo orientadas a la producción de hidrógeno electrolítico (sobre todo en Alemania, Francia y España), y Asia el 25% (con China a la cabeza). **Latinoamérica**, en tanto, **cuenta en la actualidad con una capacidad limitada para producir hidrógeno mediante esta tecnología, contribuyendo con tan solo una fracción del total global**.

No obstante, **es cierto que la región tiene un futuro promisorio para este combustible**, y que dispone de un conjunto nutrido de oportunidades para su desarrollo, especialmente en los sectores

Varios países latinoamericanos, comparten características que los hacen candidatos indiscutidos y de alta contribución futura en los niveles proyectados de producción y exportación de hidrógeno verde.





de la refinación del petróleo, donde en el corto plazo podría producirse hidrógeno bajo en carbono mediante el uso de gas natural con captura (CCUS) y así reemplazar las compras comerciales de este combustible; en la industria química y metalúrgica, las que podrían reemplazar o combinar en sus procesos productivos de amonio, metanol y acero, el hidrógeno basado en gas natural con la variante producida mediante CCUS o electrolítica; y en el transporte, donde el hidrógeno bajo en carbono podría colaborar a la descarbonización si se lo aplica a aquellos medios de transporte difíciles de electrificar, sobre todo en camiones y otros medios de distribución altamente contaminantes. Como destaca la IEA, estas estrategias serían “buenos puntos de partida” para aquellos países en los que los mencionados sectores ya dependen del hidrógeno en sus procesos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Trinidad y Tobago y México), dando el espacio necesario tanto para testear las nuevas tecnologías como para analizar los efectos del reemplazo por las variantes bajas en carbono.

Pero también pueden distinguirse algunos obstáculos que pueden trabar este proceso en la región, particularmente la falta de medios y tecnologías que permitan capturar, transportar y almacenar el CO₂ generado en la producción de hidrógeno, como así también la necesidad de integrar y optimizar el funcionamiento de las

cadenas de valor que producen y utilizan este combustible en sus procesos productivos; o de que los avances tecnológicos en el transporte puedan ser llevados de manera efectiva al sector (tanto a nivel empresarial como del consumidor), lo que también implica el desarrollo de nueva infraestructura. Asimismo, son necesarios mayores niveles de inversión y madurez en la producción de este combustible, de tal forma de poder aprovechar economías de escala y que los márgenes de ganancia de las empresas no se vean afectados sensiblemente por su implementación, situación que solo podrá lograrse en el mediano a largo plazo. A estos retos, deben añadirse también los problemas económicos crónicos que constantemente afectan el desarrollo regional, y los muy necesarios cambios en materia regulatoria y financiera que sienten bases sólidas para la creación de un ambiente propicio para la inversión. En este sentido, son importantes el establecimiento de normas que fomenten la producción y el uso de combustibles bajos en carbono, refuercen las obligaciones en materia de renovables, y generen incentivos fiscales directos e indirectos, por ejemplo, con impuestos a los combustibles de origen fósil y precios al carbono. Adicionalmente, resulta de crucial relevancia la articulación público-privada para el desarrollo de proyectos, los programas de apoyo público para financiar los costos de capital (CAPEX) y operativos

(OPEX) relacionados a la producción de este combustible y, entre otras iniciativas, el impulso de estándares y certificaciones “bajos en carbono” para los productos, y la implementación de becas destinadas a la investigación y el desarrollo de tecnologías que favorezcan la descarbonización y permitan “escalar” el uso del hidrógeno como vector de energía a futuro.

Teniendo lo anterior en cuenta, **debe señalarse que hay en la actualidad una cantidad importante de proyectos operativos, en desarrollo y anunciados orientados a la producción de hidrógeno bajo en carbono en Latinoamérica (Tabla N° 1)**, que evidencian los avances que la región está llevando adelante en este sentido, y cómo se están preparando sus países para liderar esta tendencia.



Tabla N° 1

Principales proyectos de hidrogeno bajo en carbono en latinoamérica.
(En operación o en desarrollo)

Proyecto	País	Inicio de operaciones	Estado	Producto	Capacidad
Hychico, Comodoro Rivadavia	ARG	2009	En operación	H2	120+60m3 H2/h
Pico Truncado	ARG		Concepto	H2	
Port of Pecem - Base One	BRA	2025	Factibilidad	H2	600 kt H2/y
Porto do Acu Fortescue Ammonia Project	BRA		Factibilidad	Amonio	300MW
Fortescue Future Industries - Port of Pecem	BRA	2030	Concepto	H2	15Mt H2/y
Marítimo Dragão - Qair	BRA	2023	Concepto	H2	296 kt H2/y
Cerro Pabellón Microgrid 450 kWh Hydrogen ESS	CHL	2017	En operación	H2	50 kW
HyEx - phase 1	CHL	2024	Factibilidad	Amonio	50MW
HyEx - phase 2	CHL		Concepto	Amonio	780MW
Walmart Quilicura forklifts	CHL	2021	Construcción	H2	56t H2/y
Haru Oni, phase 1	CHL	2022	Construcción	Varios	1.25 MW - 750000 l MeOH/y
AES Gener ammonia project	CHL		Concepto	Amonio	
Hy-Fi	CHL	2025	Concepto	Amonio	650t H2/d
Haru Oni, phase 2	CHL	2024	Factibilidad	Varios	175 MW - 55 million liter synfuel/y
Haru Oni, phase 3	CHL	2026	Concepto	Varios	2 GW - 550 million liter synfuel/y
HNH	CHL	2026	Concepto	Amonio	1400MW
Hoasis (TCP Gecomp)	CHL		Concepto	Varios	2.1W

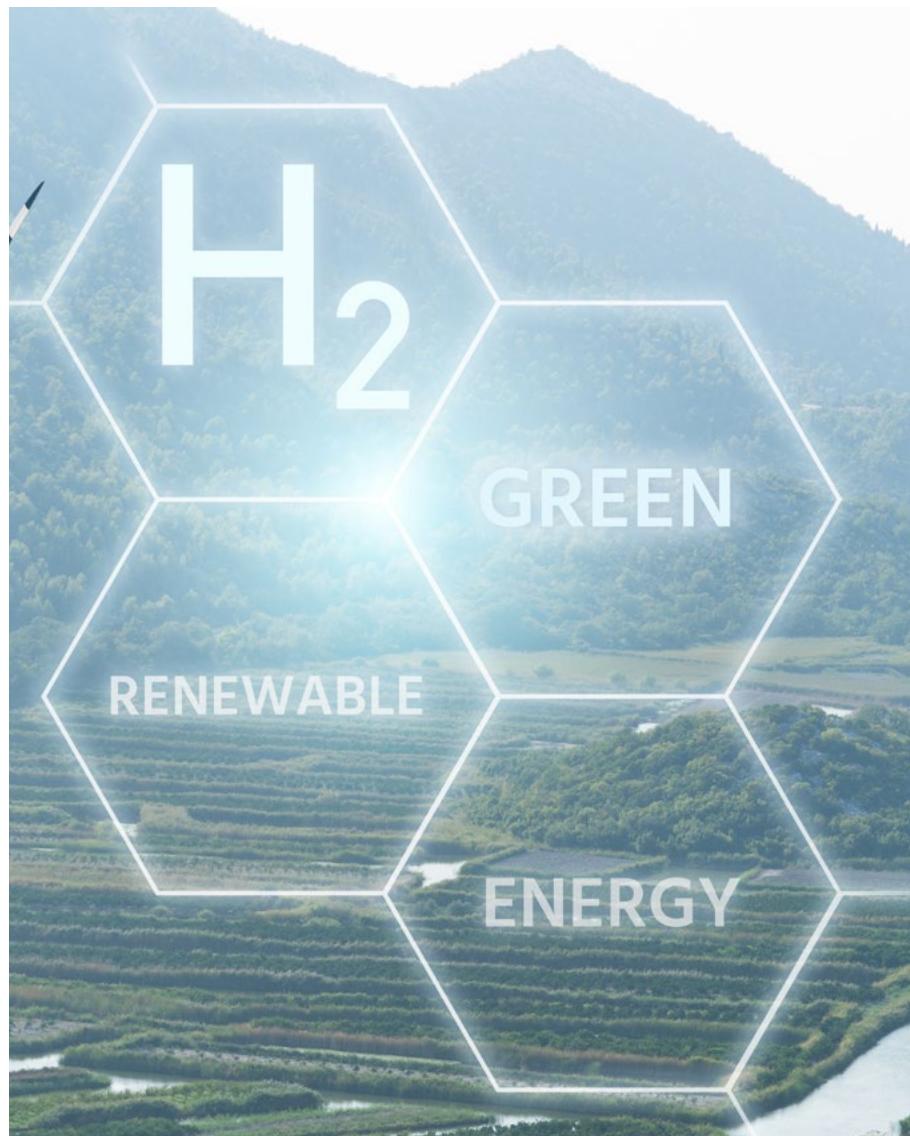


Tabla N° 1 (Continuación)

Principales proyectos de hidrogeno bajo en carbono en latinoamérica.
(En operación o en desarrollo)

Proyecto	País	Inicio de operaciones	Estado	Producto	Capacidad
H Valle Sur	CHL		Concepto	H2	
METH2 Atacama	CHL		Concepto	Varios	300 MW
Quintero LNG terminal	CHL		Factibilidad	H2	10MW
H2V Las Tortolas	CHL	2021	En operación	H2	2kg H2/d
Power-to-gas Coquimbo	CHL	2022	FID	H2	150kW
Ecopetrol 50kW electrolyser	COL	2022	Construcción	H2	50kW
Costa Rica Transportation Ecosystem Project	CRI	2017	En operación	H2	1 m3/h
Costa Rica Transportation Ecosystem Project	CRI	2021	Construcción	H2	3 m3/h
Energía Los Cabos	MEX		Factibilidad	H2	25MW
Delicias Solar	MEX	2026	Factibilidad	H2	35MW
Dhamma Energy Guanajuato	MEX		Concepto	H2	
Mexican Green Hydrogen Hub	MEX		Concepto	Amonio	
Industrial Cachimayo	PER	1965	En operación	Amonio	50t NH3/d
ECB Omega Green biofuel project	PRY	2022	Factibilidad	H2	310MW
Villa Lisa	PRY		Factibilidad	H2	200kgH2/day
Ciudad del Este	PRY		Concepto	H2	
Encarnación	PRY		Concepto	H2	
NewGen	TTO	2024	Factibilidad	Amonio	170-185MW
BP-Shell Trinidad and Tobago green NH3	TTO	2024	Factibilidad	Amonio	27200 t H2/y
H2U (former Proyecto Verne)	URY		N/A	H2	1.5MW

Además de la planta industrial de Cachimayo en Perú, que opera desde 1965 y cuenta con una capacidad de 25MW –siendo, al momento, una de las más importantes a nivel global–, existen otras iniciativas que han comenzado a operar más recientemente como parte de este proceso de transformación hacia el hidrógeno bajo en carbono. Tales son los casos de Cerro Pabellón y H2V Las Tórtolas en Chile (con capacidades de 50kW y 2 kg de hidrógeno al día respectivamente), que iniciaron operaciones en 2017 y 2021 respectivamente; Hychico en la Patagonia Argentina (0,55 MW), que opera desde 2009; y el Ecosistema de Transporte Sostenible en Costa Rica, que busca electrificar el transporte mediante el uso de hidrógeno de origen renovable y opera desde 2017. En paralelo, hay una gran cantidad de proyectos en diferentes estadios de desarrollo y que deberían comenzar a operar de aquí a 2030, principalmente en Argentina, Chile, Brasil y México. Entre estos, se destacan HyEx (2024)¹⁸ y Haru Oni (2022)¹⁹ dos proyectos chilenos de bajo carbono orientados, por un lado, a sustituir el amonio importado para distintas aplicaciones en la minería, que es el sector más representativo de la economía de ese país, especialmente la minería de cobre, y, por el otro, a la producción de combustible ecológico y de efecto neutro sobre el medioambiente. Ambos proyectos incluyen una fase piloto que luego buscará ampliarse hacia otras etapas, con el objetivo último de generar los excedentes necesarios para exportar. De manera similar, en 2021 el Ministerio de Minería y Energía de Brasil declaró al hidrógeno como un área prioritaria de desarrollo. En la actualidad, Brasil cuenta con 4 proyectos en “etapas tempranas” y con fechas estimadas de puesta en marcha en 2023, 2025 y 2030. En Argentina, un grupo interdisciplinario e

interministerial fue creado en 2021 con el objetivo de crear una hoja de ruta para el desarrollo del hidrógeno y, al mismo tiempo, actualizar la Ley de Promoción de Hidrógeno, sancionada originalmente en 2006. Finalmente, debe señalarse que otros países de la región, como Bolivia, Colombia, Paraguay, Perú, México y Uruguay, también se encuentra en el proceso de planificación y desarrollo de distintas iniciativas orientadas a la producción de hidrógeno “limpio”, los cuales quedan detallados en la **Tabla N°1**.

Es fácil de apreciar que hay una revolución en marcha en materia de generación de hidrógeno bajo en carbono en Latinoamérica. Una carpeta nutrida de proyectos que crece con el tiempo es prueba evidente de este proceso. A futuro, es deseable que la mayoría de estas iniciativas entre en operación y la región termine ocupando el lugar que los especialistas le pronostican, **transformándose así en un “hub” de países productores y exportadores de hidrógeno verde a bajo costo**. Como destaca la IEA en uno de sus últimos trabajos²⁰, las pruebas piloto serán la piedra fundamental para alcanzar un crecimiento sostenido de este producto, permitiendo a los países familiarizarse con la tecnología y tomar decisiones informadas a futuro. No obstante, también es cierto que, para que ello suceda, los gobiernos latinoamericanos deben avanzar tanto en nuevas normas que fomenten este negocio y creen un ambiente propicio para las inversiones, como en políticas y medidas que prioricen el acceso al financiamiento para estos proyectos. Cambios que, de por sí, ya representan un gran desafío para la región.

En 2021 el Ministerio de Minería y Energía de Brasil declaró al hidrógeno como un área prioritaria de desarrollo.



Consideraciones finales

Hacia adelante, teniendo en cuenta la delicada situación climática global, la necesidad de reducir las emisiones de CO² y el cumplimiento de las metas estipuladas en el Acuerdo de París –remarcadas recientemente en la última Conferencia de Cambio Climático de la ONU (COP26)–, la esperanza esta puesta en un mayor desarrollo de las energías renovables y, por ende, en un incremento de la producción de hidrógeno “verde”, lo que al mismo tiempo demandará no solo un reacomodo de los costos y precios involucrados en su producción sino, casi de manera paralela, en la capacidad de producción mediante electrólisis.

Asimismo, resulta importante señalar que la ponderación de los factores descritos a lo largo de la sección anterior y que incidirán en el trayecto de desarrollo del hidrógeno verde a nivel global, **quedará reflejada en la aparición gradual pero sostenida de nuevos sectores que demanden este combustible en reemplazo del hidrógeno gris** y de otros combustibles altamente contaminantes. En ese sentido, **teniendo en cuenta que se estima que para 2050 alrededor del 99% del hidrógeno producido globalmente será bajo en carbono**, es esperable que los sectores altamente contaminantes, como la generación eléctrica (que aun depende en gran parte de las fuentes fósiles), la industria y el transporte, entre otros; comiencen a trasladar sus necesidades energéticas a este combustible durante los próximos 30 años.

En este contexto, Latinoamérica tendrá un papel fundamental, ya que no solo cuenta con una dotación abundante de recursos naturales y fuentes renovables cuyo desarrollo ya están nutriendo los sistemas energéticos de varios de sus países, **sino que está dando pasos firmes para transformarse en una región referente en la producción y exportación futura de hidrógeno verde**. No obstante, esta transición demandará que los gobiernos de la región impulsen nuevos marcos legales y políticas acordes que propicien las inversiones hacia este combustible y brinden el apoyo público y financiamiento necesarios para desarrollarlo. En especial, el fomento a la investigación y desarrollo orientada al hidrógeno bajo en carbono y sus potenciales aplicaciones como vector de energía a futuro, teniendo en cuenta que muchas de estas tecnologías aún deben terminar de madurar; la aplicación de esquemas de incentivos al uso de energías renovables que contemplen impuestos a los combustibles fósiles y precios a las emisiones de carbono; y medidas destinadas a facilitar las inversiones destinadas al desarrollo del hidrógeno bajo en carbono, tales como exenciones impositivas y subsidios a la producción. En un sector que se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo, también serán importantes la cooperación y conexión internacional, como la disponibilidad y el

acceso al financiamiento, con el objetivo de mitigar el elevado riesgo financiero comúnmente asociado a las etapas tempranas del ciclo de vida de un producto y, así, funcionar como soporte para impulsar su desarrollo de mediano plazo.

Finalmente, debe señalarse que el papel que cada país adopte en este camino hacia el desarrollo del hidrógeno bajo en carbono no solo dependerá de la planificación y los objetivos estratégicos planteados por sus gobiernos, sino del trayecto recorrido en materia de adopción y uso de energía renovables. Allí radica una de las principales ventajas de los países latinoamericanos. En paralelo, y como se aseguró al inicio de este trabajo, la idea rectora, en última instancia, debería estar apoyada en una estrategia regional integrada que reúna políticas domésticas, planificación y, sobre todo, condiciones normativas, jurídicas y financieras adecuadas que faciliten y fomenten las inversiones para el desarrollo de este combustible.

Referencias

[Banco Interamericano de Desarrollo, "Hidrogeno verde: un paso natural para Uruguay y hacia la descarbonización", BID, noviembre de 2021.](#)

[Bloomberg NEF, "El hidrógeno de América Latina podría ser el más barato del mundo", BloombergNEF, febrero 2022.](#)

[ENGIE & ENAEX "HyEx – The Green Ammonia in Chile", Engie, Enaex, 2021.](#)

[IEA, "Latin America's hydrogen opportunity: from national strategies to regional cooperation", IEA, 2020: <https://www.iea.org/commentaries/latin-america-s-hydrogen-opportunity-from-national-strategies-to-regional-cooperation>](#)

[IEA, "IEA \(2021\), Hydrogen Projects Database", <https://www.iea.org/reports/hydrogen-projects-database>. All rights reserved.](#)

[IEA, "Global Hydrogen Review 2021", IEA, 2021.](#)

[IEA, "Hydrogen. More efforts needed", IEA, 2022, <https://www.iea.org/reports/hydrogen>.](#)

[IEA, "The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities", IEA, 2019.](#)

[IEA, "Hydrogen in Latin América. From near-term opportunities to large-scale deployment". IEA, agosto 2021.](#)

[IEA, "Latin America's hydrogen opportunity: from national strategies to regional cooperation", IEA, 2020.](#)

[IEA, "Global Hydrogen Review 2021", IEA, pp. 116, 2021.](#)

[Siemens Energy, "Una nueva realidad de hidrógeno: combustible a partir del agua y del viento", Siemens Energy, 2021.](#)

Contacto



Manuel Fernandes

Socio Líder de Energía y Recursos Naturales
de KPMG en América Latina
mfernandes@kpmg.com.br

kpmg.com/socialmedia



© 2022 Ostos Velázquez & Asociados, una sociedad venezolana y firma miembro de la organización global de KPMG de firmas miembro independientes de KPMG afiliadas a KPMG International Ltd, una entidad privada Inglesa limitada por garantía. Todos los derechos reservados. RIF: J-00256910-7.

La información aquí contenida es de naturaleza general y no tiene el propósito de abordar las circunstancias de ningún individuo o entidad en particular. Aunque procuramos proveer información correcta y oportuna, no puede haber garantía de que dicha información sea correcta en la fecha que se reciba o que continuará siendo correcta en el futuro. No se deben tomar medidas en base a dicha información sin el debido asesoramiento profesional después de un estudio detallado de la situación en particular.

KPMG es una red global de firmas independientes que brindan servicios profesionales de Auditoría, Impuestos y Asesoría. Operamos en 146 países y territorios y tenemos más de 227000 personas trabajando en firmas miembro a nivel mundial. Cada firma de KPMG es una entidad legalmente distinta y separada y se describe a sí misma como tal.

KPMG International Limited ("KPMG International") es una entidad inglesa privada limitada por garantía. KPMG International Limited ("KPMG International") y sus entidades no prestan servicios a clientes.