

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

La descarbonización de la economía es una prioridad global para la que se están desarrollando múltiples tecnologías. El hidrógeno verde (HV) es una de las que ha tomado una mayor preponderancia en los últimos dos años. En este tema de análisis vamos a revisar qué es esta tecnología, para qué sirve y cuáles son las perspectivas para su desarrollo en el país.

La primera sección explica brevemente qué es el hidrógeno verde, sus usos y cuál es el mercado global actual y proyectado. La segunda, estudia las perspectivas para producir y consumir este producto en Chile, con especial foco en la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (con sus oportunidades y desafíos), cuantificando qué tan relevante puede llegar a ser este sector para el país.

## I. ¿Qué es el hidrógeno verde, para qué se puede usar y cómo se puede producir?

El hidrógeno es un gas que se ha usado con distintos fines desde el siglo XVIII. Actualmente se consumen alrededor de 75 millones de toneladas de este gas por año, que se usan principalmente para la producción de metanol, fertilizantes (en base a amoníaco) y en el refinamiento del petróleo. El mercado de éste es importante: en 2021 el valor de su producción fue de 135 mil millones de dólares.<sup>1,2</sup> Para tener una referencia, el valor de la producción de cobre ese año fue de 283 mil millones de dólares.

Actualmente, el hidrógeno se produce del gas natural o del carbón, y se conoce como “hidrógeno gris”, representando un 2% y un 6% de la demanda global de cada recurso, respectivamente.<sup>3</sup> Un derivado del hidrógeno gris es el “hidrógeno azul”, que se produce de la misma forma que el anterior, pero que incluye algún mecanismo para capturar el CO2 emitido.

El hidrógeno verde, por su parte, es el mismo hidrógeno, pero producido con energías limpias. Esto se hace actualmente a través de un proceso llamado electrólisis, que, si bien no es excesivamente complejo, es un proceso intensivo en energía eléctrica. Se estima que ésta representa entre un 45% y un 75% del costo final del producto.<sup>4</sup> De todas maneras, estas estimaciones no son tan precisas, ya que la maquinaria capaz de producir HV a escalas más grandes está aún en desarrollo.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Fuente: The Future of Hydrogen, IEA (2019). Link: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

<sup>2</sup> Fuente: Precedence Research. Disponible en: <https://www.precedenceresearch.com/hydrogen-generation-market>.

<sup>3</sup> Fuente: “Fossil Fuel Companies Say Hydrogen Made From Natural Gas Is a Climate Solution. But the Tech May Not Be Very Green”, Time (2022). Link: <https://time.com/6098910/blue-hydrogen-emissions/#:~:text=About%206%25%20of%20the%20world%27s,to%20the%20International%20Energy%20Agency>.

<sup>4</sup> Fuente: “CHILE, GREEN HYDROGEN: An energy source for a zero-emission planet” Invest Chile (2020). Link: <https://tools.investchile.gob.cl/chile-green-hydrogen>

<sup>5</sup> Hay distintas formas de hacer la electrólisis. Una discusión más acabada del tema, pero a la vez entendible por cualquiera, está disponible en el “Manual de Hidrógeno Verde” elaborado por la Universidad de Concepción. Link: [https://www.ah2vbiobio.cl/wp-content/themes/lms\\_mooc/assets/Manual\\_Del\\_Hidr%C3%B3geno\\_Verde\\_Ah2VBiobio%C3%ADO.pdf](https://www.ah2vbiobio.cl/wp-content/themes/lms_mooc/assets/Manual_Del_Hidr%C3%B3geno_Verde_Ah2VBiobio%C3%ADO.pdf)



# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

Los usos potenciales del HV se pueden definir en tres niveles de acuerdo al riesgo de que se logre o no implementar como la solución en determinados procesos. En primer lugar, están los usos que tiene actualmente el hidrógeno gris. Estos son mercados con cadenas de suministro establecidas, donde cambiar el hidrógeno gris por verde sería simple. Es importante notar que solo con lograr aquellos usos ya sería un mercado importante. En un segundo nivel, hay casos de uso donde se puede implementar el HV sin causar un gran cambio a la infraestructura existente, pero que no se hacen a gran escala en la actualidad. Ejemplos de aquello es el mezclarlo con gas natural en las redes para el consumo residencial o el transformarlo en e-combustible (que necesitan capturar CO<sub>2</sub> para ser producidos) y mezclarlo con gasolina. Un poco más allá está el hacer motores a combustión, pero en base a hidrógeno.<sup>6</sup>

El tercer nivel, y que es más riesgoso, son aplicaciones donde aún no se ha desarrollado la tecnología a escala comercial. Un gran ejemplo de estos usos son las celdas de hidrógeno, que pueden reemplazar a las baterías en vehículos con motores eléctricos. Lo anterior se puede dar, sobre todo, en la industria del transporte (desde buses, pasando por camiones, hasta barcos), ya que son menos voluminosas que una equivalente de litio y tardan bastante menos en cargarse. Otro caso es cambiar los hornos de las fundiciones a hidrógeno. Es importante señalar que estos son ejemplos de proyectos, que, si bien son ambiciosos/riesgosos, se están llevando a cabo en la actualidad. A futuro pueden existir más aún, sobre todo si se logra producir HV a bajo costo.

Para tener una idea del impacto que pueden tener estos proyectos: si se mezcla un 10% de e-combustibles con bencina, se puede reducir la huella de carbono de todo el parque vehicular en 10% sin haber cambiado la tecnología existente para transportarse.<sup>7</sup> Las fundiciones, por su parte, son responsables del 9% de las emisiones de CO<sub>2</sub> globales cada año, por lo que pasarlas a HV sería un gran paso.<sup>8</sup> Se puede ver con estos ejemplos que el potencial del HV y sus derivados para descarbonizar es importante, sobre todo en áreas que hasta hace poco se veían más complejas. Lo interesante de estos dos casos de uso, es que en ambos hay proyectos en Chile (más sobre esto en la segunda parte).

<sup>6</sup> Esto ya se ha hecho, empresas como Mazda el 2003 ya habían lanzado prototipos. Más información en: <https://www.thedrive.com/news/this-forgotten-mazda-rx-8-concept-could-run-on-hydrogen-or-gasoline>

<sup>7</sup> Más información sobre qué son, para que se pueden usar y costos de los e-combustibles disponible en el estudio "e-Methanol: a universal green fuel" elaborado por Siemens (2021). Link: <https://www.siemens-energy.com/global/en/offerings/technical-papers/download-e-methanol-white-paper.html>

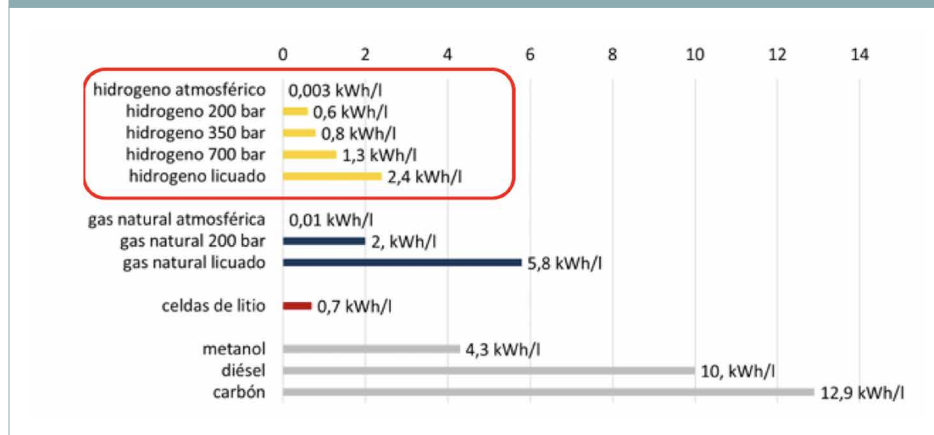
<sup>8</sup> Fuente: ¿How Sweden delivered the first fossil fuel free steel? Forbes. Link: <https://www.forbes.com/sites/davidvretter/2021/08/19/how-sweden-delivered-the-worlds-first-fossil-fuel-free-steel/?sh=434726946b55>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

CEF ANÁLISIS N°64 | ENERO 2023

PÁG. 19

FIGURA N°1: COMPARACIÓN DE DENSIDADES ENERGÉTICAS VOLUMÉTRICAS (KWH/LITRO)



Fuente: CORFO (2019). \*Las estimaciones son en base al poder calorífico inferior.

Sin embargo, el HV también tiene problemas. El primero proviene de que, a pesar de que por kilogramo tiene un poder calorífico tres veces superior al del diésel, es un gas que requiere bastante volumen, lo que hace que tenga una densidad energética baja relativa a otros combustibles. En la Figura N°1 se puede observar que recién en estado líquido (lo que implica mantenerlo a  $-253^{\circ}\text{C}$ ), el hidrógeno supera la densidad energética del gas natural a 200 bar.

De todas maneras, a 700 bar, que es el nivel de presión que se ha estado usando en celdas para vehículos, tiene casi el doble de densidad energética que una celda de litio. Esto implica que, para poder llegar al mismo nivel de energía que el gas natural, se necesita más volumen o una mayor presión. Puede parecer poco relevante, pero tiene implicancias importantes para toda la cadena de suministros. Hay que desarrollar barcos y depósitos más grandes o que trabajen a una mayor presión. Si se compara con la opción de contar solo con baterías, puede verse más efectivo, pero hay que tener en cuenta el costo de toda la infraestructura por detrás.

Por otro lado, 5,6 kg de hidrógeno en un tanque a 700 bar, le dan 650 kilómetros de autonomía al Toyota Mirai, uno de los pocos autos a hidrógeno.<sup>9</sup> Para tener una idea, aquella autonomía es ligeramente superior a la del Tesla Model S, pero con una carga más veloz.<sup>10</sup> Además, está la opción de transformar el HV en otros compuestos para los que ya existe toda una cadena de suministros global, como es el caso del amoníaco, lo que baja los costos de desarrollo, ya que sería simplemente transformar un producto existente en uno cero emisiones.

<sup>9</sup>Más información en: <https://www.diariomotor.com/coche/toyota-mirai/> y un review del auto y su funcionamiento en: <https://www.youtube.com/watch?v=3iSbHurc4TQ>.

<sup>10</sup> Fuente: Carwow. Disponible en: [https://www.carwow.es/blog/autonomia-tiempo-carga-tesla-model-s#:~:text=A%20continuaci%C3%B3n%2C%20los%20tiempos%20de,horas%20\(34%20km%2Fhora\)](https://www.carwow.es/blog/autonomia-tiempo-carga-tesla-model-s#:~:text=A%20continuaci%C3%B3n%2C%20los%20tiempos%20de,horas%20(34%20km%2Fhora))

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

Un segundo problema viene de que la producción de HV no es competitiva aún con la de hidrógeno gris, tiene costos que están entre 3,0 – 7,5 USD/Kg, considerablemente superiores a los del hidrógeno producido en base a gas natural (0,9 – 3,2 USD/Kg).<sup>11</sup> Distintas agencias estiman que el costo del HV debería bajar de manera considerable a medida que se escale la producción, pero de todas formas va a necesitar de subsidios y de impuestos a las emisiones de carbono para ser una inversión rentable en el mediano plazo, lo que siempre es un riesgo.

Por último, como el HV aún es producido en pequeñas cantidades, no hay un mercado spot, ni se transan forwards u otros contratos financieros que ayuden a generar un precio internacional que ayude a orientar las decisiones de inversión de los distintos agentes. De todos modos, se está avanzando en esta área. Según el Hydrogen Council (organización privada de empresas de la industria), a septiembre de este año ya se han anunciado 680 proyectos de gran escala que implican la inversión de 240 mil millones de dólares, de los cuáles un 10% está llevándose a cabo en la actualidad. Además, si bien desde aquel consejo estimaron que Estados Unidos y China podrán auto abastecerse, Europa, Japón, Corea y otras economías de Asia van a ser dependientes de las importaciones, lo que generará un mercado internacional de HV.<sup>12</sup>

En resumen, el HV es un combustible versátil, que tiene aplicaciones en el corto plazo en una industria establecida y en el mediano-largo plazo en una gran variedad de campos. Un problema es que usa más espacio que el gas natural para entregar un mismo nivel de energía, y durante un tiempo al menos, va a depender del apoyo gubernamental, pero estos están lejos de ser insalvables. De hecho, ya hay una cantidad relevante de inversión comprometida por distintos actores. Lo que va a hacer la diferencia entre si se transforma en el combustible del futuro o no, es si se logra concretar su uso en las nuevas tecnologías como fundiciones, barcos y vehículos.

## II. Hidrógeno verde en Chile: ¿cómo, cuándo, cuánto y dónde?

El Ministerio de Energía presentó su "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde" en noviembre de 2020. Fue el primer país de la región en hacerlo. También, es el único latinoamericano con proyectos de producción de HV en desarrollo: con HyEx, en la región de Antofagasta, y Highly Innovative Fuels (HIF) en la de Magallanes. Tiene además, bastantes otros proyectos tanto de producción como de uso de este recurso y sus derivados ya anunciados. El país ha sido calificado por el World Energy Council como el "campeón escondido" en la carrera para desarrollar una economía del hidrógeno verde, y hay proyecciones que indican que al 2030 se podría exportar HV a un valor cercano a 1,5 – 2,0 US\$/Kg, lo que lo convertiría en uno de los productores con menores costos a nivel global.<sup>13</sup> Aunque también ha habido polémicas, como el proyecto Faro del Sur, que comentaremos más adelante.

<sup>11</sup> Fuente: "Hydrogen Insights 2022" Hydrogen Council y McKinsey & Company. Link: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2022/>

<sup>12</sup> Fuente: ibid.

<sup>13</sup> Fuente: "The Future of Hydrogen", EIA (2019). Link: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

A continuación, analizamos las ventajas que tiene el país, qué es exactamente la Estrategia Nacional de HV, el impacto (en PIB, empleos e inversión) que puede tener en la economía el lograr las metas propuestas en ella y los principales desafíos que enfrenta el país para lograr ser un líder en esta industria.

### Ventajas de Chile

Hay una combinación de factores, tanto externos como internos, que hacen que el país tenga ventajas importantes en la producción de HV. En cuanto a los externos, a pesar de estar lejos de los principales mercados globales, el costo de transportar productos vía marítima es poco incidente en el costo total. Según estimaciones de la consultora GIZ, encargadas por el Ministerio de Economía y Energía de Alemania y el Ministerio de Energía de Chile, en el caso de la exportación de hidrógeno a través de metanol, desde el norte de Chile a Alemania, muestran que el costo de envío constituye menos del 5% de los costos totales de la cadena de valor para el año 2025; mientras que, en el caso de la exportación de hidrógeno a través de amoníaco, constituye menos del 6%.<sup>14</sup> Algo similar ocurre con las estimaciones de exportación de amoníaco y HV, lo que hace que, si bien nuestros costos de transporte sean mayores a los de otros competidores, no sean prohibitivos.<sup>15</sup>

Un segundo factor externo es la caída en el costo de producir energía solar y eólica. Como se puede observar en la Figura N°2, a nivel global, el costo de la energía solar cayó un 89% en la década de 2009 a 2019, mientras el costo de las turbinaseólicas on-shore (en tierra) cayó un 70%, convirtiéndose de esta forma en las dos fuentes más baratas de producir electricidad. Dado lo intensiva que es en energía la producción de hidrógeno verde, es esta caída en su principal costo lo que la comienza a hacer atractiva.

En cuanto a los factores internos, el primero es que tenemos un gran potencial de producción de energía renovable. Algunas fuentes lo estiman en 1.865 GW,<sup>16</sup> de los cuáles 1.340GW son en energía solar (como referencia, el país completo tiene una capacidad instalada de 30GW<sup>17</sup>). El segundo factor interno es la gran apertura internacional del país. Tenemos tratados de libre comercio que permiten importar todos los componentes de forma competitiva, además de buenas relaciones con distintos países que son deficitarios de energía, como Alemania, Japón y Corea, y órganos internacionales

<sup>14</sup> Fuente: "Condiciones y Oportunidades para el Comercio de Hidrógeno Verde desde Chile a Alemania y Japón" GIZ (2021). Link: <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2022/05/Condiciones-y-oportunidades-para-el-comercio-de-h2-verde-chile-a-alemania-y-japon.pdf>

<sup>15</sup> Fuente: "PRE-FEASIBILITY FOR A HYDROGEN EXPORT PROJECT" BID (2022). Link: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/2022\\_-\\_dnv\\_-\\_hydrogen\\_export\\_terminals\\_in\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/2022_-_dnv_-_hydrogen_export_terminals_in_chile.pdf).

<sup>16</sup> Fuente: "Energías renovables en Chile: Estado y desafíos", Ministerio de Energía (2015). Link: [https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cristhian\\_santana.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cristhian_santana.pdf)

<sup>17</sup> Fuente: Reporte de proyectos octubre 2022, Ministerio de Energía (2022). Link: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/reporte\\_de\\_proyectos\\_-\\_octubre\\_2022.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/reporte_de_proyectos_-_octubre_2022.pdf)

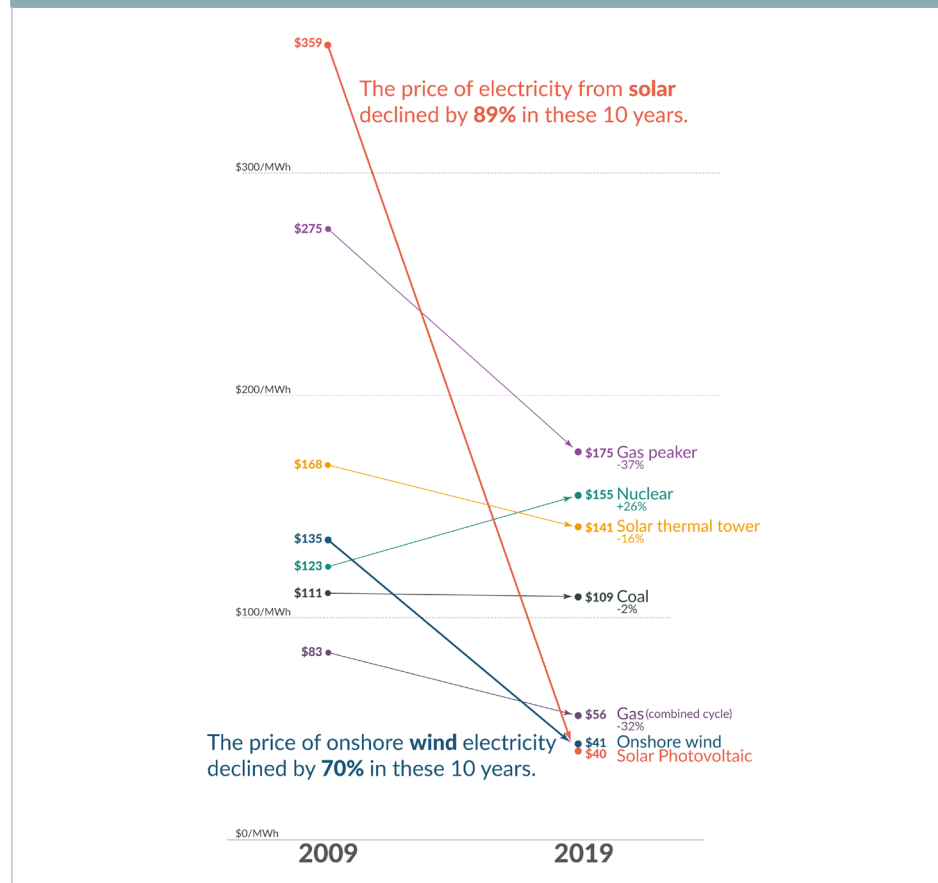


# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

FELIPE CORREA B.

como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, que entregarán financiamiento a proyectos de HV. Otro punto donde son importantes las buenas relaciones internacionales es a la hora de coordinar la producción con los demandantes, ya que como comentábamos en la sección anterior, aún no hay un mercado internacional de HV.<sup>18</sup> Un ejemplo de esto es la planta demostrativa “Haru Oni”, que se está construyendo en Magallanes y que es la primera etapa de un mega proyecto llevado a cabo por Enel Green Power y Porsche, que a su vez se asociaron con ENAP, Siemens, Exxon, GASCO, y que cuentan con el apoyo del Ministerio de Economía y Energía de Alemania.<sup>19</sup>

FIGURA N°2: CAMBIO EN EL COSTO EN DÓLARES CONSTANTES DE PRODUCIR UN MWh DE ENERGÍA (2009-2019)



Fuente: Our World in Data. \*Los costos mostrados en la figura toman en cuenta la construcción y posterior operación de la planta.

<sup>18</sup> Fuente: Ministerio de Hacienda. Link: <https://www.hacienda.cl/noticias-y-eventos/noticias/gobierno-acuerdos-bid-bm-hidrogeno-verde>

<sup>19</sup> Más información en: <https://www.siemens-energy.com/global/en/news/magazine/2021/haru-oni.html>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

El tercer factor (que pasa más desapercibido muchas veces), es el nivel de desarrollo del sistema financiero, lo que ha permitido el financiamiento de proyectos de energías renovables y la infraestructura que los acompaña.

La combinación de estos factores externos e internos ha hecho que Chile haya podido avanzar (antes del boom del HV) en la implementación de energía eólica y solar. De hecho, el país es número 1 en mercados emergentes y 9 en el mundo en el ranking Climatescope 2022 de Bloomberg, que intenta medir lo atractivo que es el país para invertir en energías renovables.<sup>20</sup> Las energías eólicas y solar representan el 27,5% de la energía producida, lo que se traduce en una ventaja adicional; el país cuenta con capital humano capacitado para construir y operar este tipo de plantas, parte esencial del proceso de producción de HV.

Todo lo anterior crea un ambiente propicio para el desarrollo de esta industria, sobre todo en las regiones de Antofagasta y Magallanes que son las con mayor potencial para la generación de energía solar y eólica. Al mismo tiempo, ambas regiones tienen infraestructura asociada a la minería y a la extracción de petróleo, similar a la necesaria para algunos de los procesos de producción de HV o sus derivados.

## Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde

Esta estrategia, desarrollada por el Ministerio de Energía, se ha logrado posicionar como un esfuerzo transversal en el espectro político, contando con apoyo más allá de sus creadores, con figuras como los expresidentes Lagos y Frei,<sup>21</sup> además del actual ministro de Energía, Diego Pardow.<sup>22</sup> En cuanto a su contenido, el foco está puesto en que el Estado juegue un rol facilitador, coordinando actores, generando mercados y ayudando en fases iniciales a generar demanda. La estrategia tiene tres etapas principales. A continuación, reproducimos del documento oficial las principales características de cada una:<sup>23</sup>

Primera etapa: "Anticiparemos el despliegue del hidrógeno verde en 6 aplicaciones prioritarias en Chile para construir un mercado local. Se iniciará una industria local mediante esfuerzos y regulación que incentiven la producción y que fomenten la demanda de este elemento limpio y sus derivados. El foco estará en las aplicaciones que se encuentren más cerca de mercado y/o que presenten una demanda establecida, concentrada y de gran escala. Así, se generará conocimiento, escala, infraestructura y cadenas de suministro que permitirán a Chile acceder a mercados de exportación."

<sup>20</sup> Fuente: Climatescope (2022). Link: <https://global-climatescope.org/results/>.

<sup>21</sup> Fuente: "Hidrógeno verde un proyecto país", Ministerio de Energía (2022). Link: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/hidrogeno\\_verde\\_un\\_proyecto\\_pais.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/hidrogeno_verde_un_proyecto_pais.pdf)

<sup>22</sup> Fuente: El País (2022). Link: <https://elpais.com/chile/2022-11-16/diego-pardow-chile-mantiene-con-conviccion-sus-metas-de-sostenibilidad-pese-al-contexto-mundial.html>

<sup>23</sup> El documento completo está disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_hidrogeno\\_verde\\_-\\_chile.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf)

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

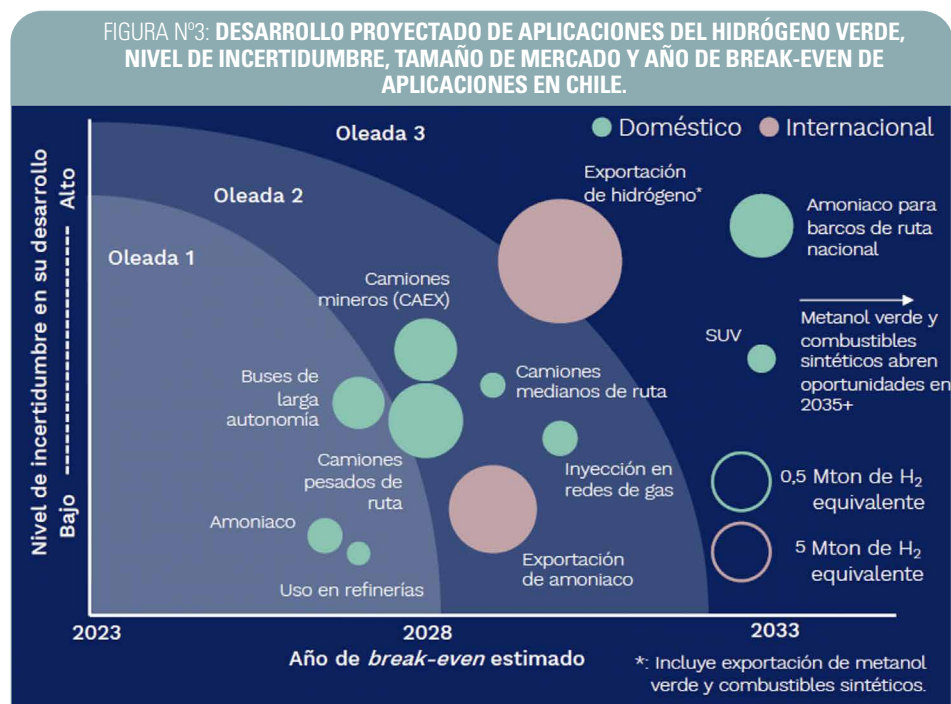
CEF ANÁLISIS N°64 | ENERO 2023

PÁG. 24

Segunda etapa: "Apalancaremos la experiencia local para entrar con fuerza en mercados internacionales. Se levantará una industria de producción y exportación de amoníaco verde mediante la atracción y promoción de consorcios de escala de GW. Además, se establecerán acuerdos para acelerar el desarrollo de la exportación de hidrógeno."

Tercera etapa: "Explotaremos las sinergias y economías de escala para avanzar como proveedor global de energéticos limpios. A medida que otros países refuercen sus iniciativas de descarbonización y se desarrollen nuevas tecnologías, el mercado de exportación escalará y se diversificará. Las nuevas aplicaciones incluirán el uso de amoníaco verde en el transporte marítimo y los combustibles sintéticos en la aviación."

En la Figura N°3 se puede observar cómo esperan que se desarrollen las distintas "oleadas" o etapas. La figura es interesante ya que resume el riesgo de cada uso posible (más arriba es más riesgoso), el tamaño de cada uso, si es doméstico o internacional, y el año en que se estima que esté el punto donde comience a ser rentable. En ella se puede observar que la primera etapa depende, en primera instancia, del uso doméstico del HV, tanto para amoníaco como en refinerías, y luego se le irían agregando otros usos domésticos, como el de buses de larga autonomía y camiones pesados, aunque con mayor incerteza en los resultados. La segunda etapa estaría liderada por la exportación de amoníaco, ya que no es tan riesgoso, y se lograría que alrededor del año 2030 fuera



Fuente: McKinsey & Company (2020), en Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.



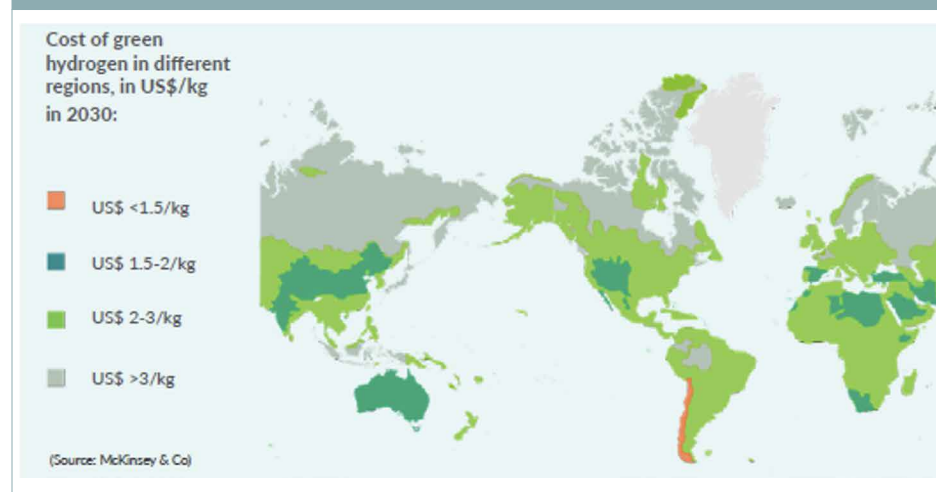
# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

rentable. La transición a la tercera etapa estaría dada por la exportación de hidrógeno verde (y sus derivados), lo que tiene un gran valor esperado, pero también un riesgo más alto de concretarse.

La Figura N°4 muestra las proyecciones de costos de producción de HV realizadas por McKinsey & Company durante la elaboración de la estrategia de Hidrógeno Verde para los distintos países al 2030. Aquel año será clave, ya que como se mostró en la figura anterior, es la fecha donde el país comenzaría a exportar amoníaco de manera rentable. Como se puede observar, Chile es el país que se estima tenga el costo de producción más bajo. Esta proyección es condicional a que las ventajas ya señaladas se mantengan y que se implemente correctamente la primera parte de la estrategia. Estos resultados serían importantes para el país: entre otros, implican al 2030 ser el mayor exportador de HV y sus derivados. De todas maneras, habría bastante espacio para crecer, ya que la producción de amoníaco verde en Chile correspondería a 8,9 millones de toneladas por año, lo que equivale al 48% del total comercializado internacionalmente o el 5% de todo el amoníaco que se produce cada año en el mundo (la diferencia entre aquellos porcentajes se debe a que no toda la producción se comercializa internacionalmente).<sup>24</sup>

FIGURA N°4: COSTOS ESTIMADOS DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE POR PAÍS AL 2030.



Fuente: McKinsey & Company (2020), en Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde.

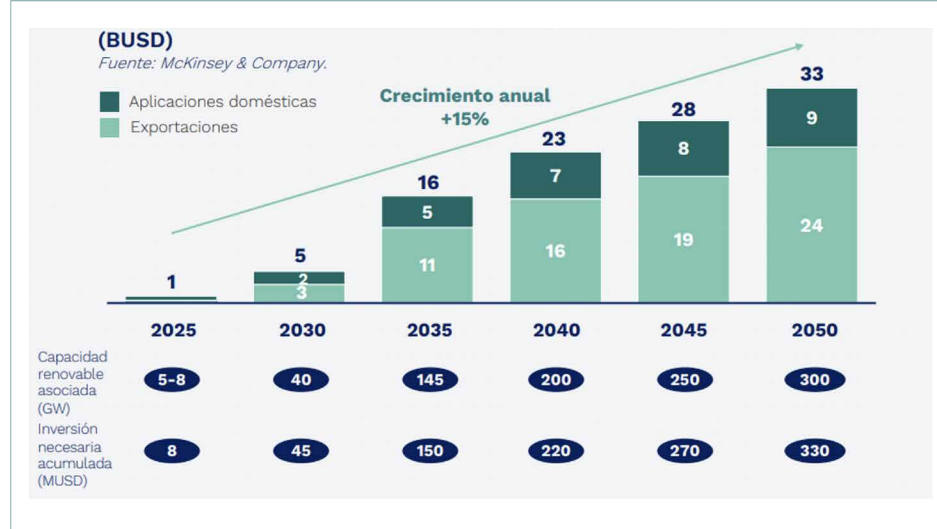
La Figura N°5 muestra las estimaciones de producción, inversión y energía renovable generada que se asocian a lo anterior. Estos cálculos están sujetos a bastantes supuestos, pero ayudan a dar una idea de las magnitudes que se pueden esperar de un correcto desarrollo de este mercado.

<sup>24</sup> Fuente: "Industria del Amoníaco: estado actual y oportunidades para la descarbonización" GIZ (2022). Link: <https://h2news.cl/2022/11/10/estudio-aborda-las-oportunidades-para-chile-para-producir-amoníaco-verde/>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

FEELIPE CORREA B.

PÁG. 26

**FIGURA N°5: PROYECCIÓN DE MERCADOS CHILENOS DE HIDRÓGENO VERDE Y SUS DERIVADOS (MILES DE MILLONES DE DÓLARES DEL 2020).**


Fuente: McKinsey & Company (2020), en Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. \*Flujos en dólares de 2020.

En cuanto a producción, los 33 mil millones de dólares estimados al 2050 son bastante relevantes. Para tener una noción de la magnitud, las exportaciones de cobre de Chile (en todas sus formas) durante 2022 fueron equivalentes a 43,9 mil millones de dólares (45% de las exportaciones). Luego, en cuanto a ventas totales, el sector sería similar en importancia a la minería.

Respecto a la capacidad de energía renovable usada, las cifras también son considerables. Se estima que en 2030 se usarán 45GW para producir HV, cifra bastante superior a los 30GW que consumió el país en 2021. En relación a la inversión, si se anualiza el stock de inversión, da un promedio de 6,4 millones de dólares entre 2023 y 2030, cifra inferior a los 7,9 millones de dólares que fueron invertidos en 2020 por la gran minería (que representaron el 16% del total invertido en el país). Si se repite el ejercicio, pero al año 2050, da un promedio anual de 12,2 millones de dólares, cifra bastante superior a la inversión minera, debido a que las inversiones más grandes están concentradas a futuro.

Por último, en cuanto a puestos de trabajos, GIZ e HINICIO Chile realizaron estimaciones conservadoras de lo que podría implicar lo anterior. El escenario más positivo es el mostrado en la Figura N°5. En aquel caso, en el año 2030 habría 78.000 empleos directos e indirectos en la industria del HV, 487 mil al 2040 y 741 mil al 2050.<sup>25</sup> El escenario más negativo estimado es aquel donde solo se construyen los proyectos ya anunciados. En aquella situación habría un total de 35 mil empleos en 2030, 103 mil en 2040 y 324 mil en 2050. Para poder comparar las magnitudes, en 2021 había 784 mil empleos directos e indirectos asociados a la minería.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Fuente: "Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación" GIZ, HINICIO Chile (2021). Link: <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2021/09/Res-Ejec-estudio-empleos-H2-verde-con-exportacion-1.pdf>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

## FELIPE CORREA B.

Esto podría implicar mejoras y cambios importantes, sobre todo en la región de Magallanes, que concentra una parte relevante de la producción anunciada y que a 2017 tenía una población de sólo 165 mil personas.

De esta forma, tendríamos un sector que, al 2050, podría ser de un tamaño similar o superior, tanto en ventas como en inversión y empleos a lo que es la minería hoy en día, mostrando la magnitud que podría significar esta industria. Por supuesto, entonces, este tema seguirá muy presente en la agenda pública y privada.

### Proyectos específicos

A grandes rasgos, hay dos grupos de proyectos: de demanda interna y de producción. En un comienzo, la idea es que la demanda interna sirva para que la producción local llegue a una escala donde sea competitiva globalmente, por lo que CORFO ha puesto su foco en dar financiamiento a las fases iniciales de proyectos.<sup>27</sup> De todas maneras, aquel financiamiento es marginal si se compara con las inversiones necesarias para los proyectos dedicados a exportar a escala global. Aquella es un área donde Chile no puede competir con las grandes potencias.

Documentos útiles para seguir los proyectos que se están llevando a cabo son: "Mapa del Hidrógeno Verde" lanzado por el Ministerio de Energía (actualizado a noviembre de 2021)<sup>28</sup> y el "Mapa del Hidrógeno Verde de Antofagasta" (actualizado a octubre de 2022).<sup>29</sup> Como se puede observar en aquellas fuentes, Antofagasta tiene una vocación tanto a la producción como al consumo interno, el centro/sur son proyectos que demandan HV y Magallanes se centraría en la exportación.

### Desafíos

Llamó la atención en octubre cuando retiraron el informe de impacto ambiental del proyecto Faro del Sur en la región de Magallanes. Las empresas señalaron que hubo exigencias excepcionales para el proyecto. Lo sucedido ya le costó al proyecto de USD 500 millones seis meses de atraso. En respuesta a esto, el gobierno anunció medidas alineadas con la simplificación de los estudios de impacto ambiental de los proyectos. La principal es que van a mapear los flujos de aves y murciélagos (que es donde surgió la polémica con el proyecto anterior), de manera que las empresas puedan revisar más fácilmente dónde pueden llevar a cabo sus proyectos, lo que fue calificado como un

<sup>26</sup> Fuente: "Cifras actualizadas de la minería 2022" Consejo Minero (2022). Link: <https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2022/11/Cifras-Actualizadas-de-la-Mineria-2022-October.pdf>.

<sup>27</sup> Más información de los proyectos: [https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala\\_de\\_prensa/nacional/26\\_05\\_2022\\_firma\\_hidrogeno\\_verde;jsessionid=eDsD7-QDwKp-b5YN9r6oGUh5f8-910IKZss-SQ-J-uBjiltVflfd!1146634551-83799172](https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/26_05_2022_firma_hidrogeno_verde;jsessionid=eDsD7-QDwKp-b5YN9r6oGUh5f8-910IKZss-SQ-J-uBjiltVflfd!1146634551-83799172)

<sup>28</sup> Link: [https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/11/Ministerio-de-Energia\\_Mapa-Hidrogeno-Verde-en-Chile.pdf](https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/11/Ministerio-de-Energia_Mapa-Hidrogeno-Verde-en-Chile.pdf)

<sup>29</sup> Seminario donde este es presentado: <https://www.youtube.com/watch?v=FmlUDoRsKyE>

<sup>30</sup> Más detalles en: <https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/10/06/1074917/faro-del-sur-proyecto-eolico.html>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

FELIPE CORREA B.

hecho inédito en Chile por la ministra de Medio Ambiente. Van a ser necesarias más políticas como aquella y en distintos lugares del territorio nacional si se quiere desarrollar proyectos a gran escala.

Además, esta industria necesita de costosa infraestructura de apoyo, como tanques para almacenar el HV producido y puertos para exportarlo. Para entender mejor las magnitudes, según un reciente estudio encargado por el Ministerio de Energía, la construcción en Mejillones de un puerto que permita exportar 1 millón de toneladas de amoníaco puede costar alrededor de 480 millones de dólares y tardar 5 años en construirse (a pesar de que en aquel lugar ya hay instalaciones para importar y almacenar amoníaco, lo que simplificaría la construcción).<sup>32</sup> Lo anterior es casi cinco veces lo que ha invertido CORFO en financiar proyectos de HV este año.

Otra arista viene de que hay que construir nueva infraestructura urbana para los empleos directos e indirectos que va a generar la industria. Este problema se ve con más fuerza en Magallanes. Punta Arenas tiene 124.169 habitantes, según datos del Censo de 2017. Para la construcción de dos de las plantas anunciadas, HIF (Faro del Sur) necesita 1.200 empleados, y Austria Energy apunta a unas 2.000 a 3.000 personas, lo que puede significar demandas importantes para aquella ciudad.<sup>33</sup>

Lo anterior genera el riesgo de que los inversionistas elijan otros destinos, pero hay que recordar que también está el riesgo de que el HV quede solo como reemplazo de algunos usos actuales del hidrógeno y no crezca más, lo que haría necesarios menos proyectos de este tipo. Como hemos mencionado anteriormente, muchas tecnologías ya se han probado, lo que disminuye el riesgo, pero lo cierto es que aún falta para la adopción masiva del HV en algunos campos. Un ejemplo de aquello es el caso de los vehículos: ya existen distintos modelos, pero para hacer posible comprar un auto de este tipo se va a necesitar de una red de apoyo, como estaciones de HV o mecánicos capacitados que actualmente no existen. Esto puede verse como una situación similar a la que se encontraban los autos eléctricos hace 10 años y va a exigir cooperación internacional a distintos niveles.

<sup>31</sup> Fuente: Forbes. Link: <https://forbes.cl/sostenibilidad/2022-10-21/firma-de-acuerdos-con-banco-mundial-y-el-bid-marcan-lineamientos-para-financiar-la-industria-de-hidrogeno-verde-en-chile/>

<sup>32</sup> Seminario donde presentan el estudio: <https://www.youtube.com/watch?v=Wdje8czVbwc>

<sup>33</sup> Fuente: PULSO. Link: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/punta-arenas-la-capital-del-hidrogeno-verde/S6KB6EMOXRF4ZN25IZDOSRLOA/>

# HIDRÓGENO VERDE EN CHILE: CÓMO, CUÁNDO, CUÁNTO Y DÓNDE

FELIPE CORREA B.

## Conclusiones

El HV es un vector energético que, si bien necesita una infraestructura más compleja que el gas natural, tiene un potencial importante, sobre todo por su versatilidad, ya que permite descarbonizar bastantes industrias difíciles de electrificar directamente.

En Chile hay facilidades para que se desarrolle la industria. Tenemos ventajas naturales y otras artificiales, que son apoyadas por la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, lo que podría permitir en un futuro no tan lejano, ser un país líder en la industria.

En cuanto a la estrategia nacional es importante destacar que, si bien tiene objetivos ambiciosos, está bien posicionada para cumplir sus metas. Esto porque 1) se apalanca en las ventajas que ya tiene Chile y 2) el rol del Estado es facilitador. Esto último es distinto a otras opciones de política industrial, como aquellas donde el estado elige a los ganadores o donde crea monopolios o levanta tarifas comerciales para que sean rentables ciertos proyectos. Aquellos son roles más complejos de administrar y que muchas veces no son rentables en el largo plazo. En otras palabras, si bien puede ser más débil en términos de subsidios entregados a la industria respecto a lo que un país como Alemania podría hacer, cumple con incentivar el desarrollo y con el beneficio de que si la apuesta por el hidrógeno verde no funciona, la pérdida sería asumida en su mayoría por los privados.

Por último, hay que tener cuidado con los detalles. Las iniciativas están, pero ya vimos como descoordinaciones pequeñas pueden ir trabando los proyectos.