**ANEXO 7**

**ANTECEDENTES SIGNIFICATIVOS DEL H2V EN CHILE**

**H2V: Qué, porqué y para qué**

Desde finales del siglo pasado y comienzos del presente, Chile se ha involucrado en las iniciativas de desarrollo sostenible.  Los hechos más significativos al respecto fueron: la creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (marzo de 1994) y posteriormente la creación del Ministerio de Medio Ambiente (MMA), promulgada por Ley 20.417 de enero del 2010.

Estos hechos fundacionales, permitieron al país participar y asumir los desafíos y compromisos internacionales relacionados con la sostenibilidad productiva. En particular los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos a partir del acuerdo de Río+20 (año 2012) bajo la coordinación de Naciones Unidas. Los ODS están compuestos por 17 objetivos, 87 metas y 241 indicadores. El séptimo objetivo es “garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”. Este objetivo supone el desarrollo de fuentes alternativas de energía renovables que minimicen el impacto ambiental en el uso industrial y residencial energético. Entre esas alternativas están la energía fotovoltaica y la energía eólica. Chile presenta grandes ventajas comparativas, por los atributos geográficos de su territorio.

La producción de electricidad, sin contaminación ambiental, permite la producción de combustible a base del hidrógeno verde (H2V). Dadas esas características el H2V es un componente fundamental para alcanzar la carbono neutralidad, meta comprometida por Chile para el año 2050.

El hidrógeno se obtiene mediante el proceso de electrólisis. “La electrólisis es la descomposición de la molécula del agua (H2O) en oxígeno e hidrógeno. Se logra aplicándole corriente eléctrica a través de dos electrodos sumergidos, uno positivo y otro negativo: el hidrógeno aparecerá en el electrodo negativo (ánodo) y el oxígeno en el electrodo positivo (cátodo)”.

El hidrógeno (H2) se puede obtener a través de distintas fuentes y tiene diversos usos. Una manera sintética de expresarlo es recurriendo a la tabla de insumo-producto de la Figura 1.

Como se puede apreciar en la Figura 1, existen tres tipos de H2. El gris (1) se obtiene mediante la utilización de combustibles fósiles. El H2 azul (3) se obtiene igual que el gris sólo que no libera dióxido de carbono (CO2) a la atmósfera. El hidrógeno verde (2) se obtiene a partir de fuentes de energía renovables no contaminantes a diferencia del H2 gris y H2 azul.

Los usos del H2 son similares para los tres tipos. El uso principal futuro será como combustible de transporte (aéreo, marítimo y terrestre) (4) y en el consumo residencial (6) para calefacción y cocina. En la actualidad el H2, además del transporte, se emplea en la producción de amoniaco en las fábricas de fertilizantes, para hidrogenar aceites en la industria del acero, en la industria química, la construcción, el equipamiento electrónico entre otros6.



*Figura 1. Tabla de insumo-producto. Celdas significativas sobre el H2V*

Estos usos, considerando las políticas de descarbonización, conducirán al aumento exponencial las exportaciones de H2V (7). Como es obvio, la producción de H2, supone el uso de otros insumos (8) como, por ejemplo, aquellos asociados a los gasoductos en el caso de distribución directa del H2V. Pero el mayor consumo de bienes y servicios se producirá al exportar el H2V, que supone incurrir en gastos de almacenamiento y transporte, lo que eleva considerablemente el costo de producción.

**Los hitos de la iniciativa del hidrógeno verde en Chile**

La CORFO, el Ministerio de Energía y el Ministerio del Medio Ambiente, en ese orden de volumen de gestión, son los protagonistas principales del impulso a la instalación de la industria del H2V en nuestro país. Por ende, los hitos históricos del H2V los han marcado esas instituciones.

En el Cuadro 1, se presenta un cronograma con los principales hitos del desarrollo institucional y económico relacionado con la industria del H2V.

Un primer hito a considerar, es la Hoja de Ruta Energética para Magallanes (2016). Cabe hacer notar, sin embargo, que la hoja de ruta, en ese momento, no considera en absoluto el desarrollo energético para la producción de H2V. Si bien menciona el potencial de energía eólica que tiene la región, todo el enfoque se centra en el abastecimiento energético para la región.

Luego, se produce el primer avance en el trabajo conjunto de MinEnergía-CORFO sobre el H2V, con un importante estímulo de la GIZ agencia de cooperación del gobierno alemán (2017). La GIZ impulsó los dos primeros seminarios sobre el tema (mayo 2017, septiembre 2018), que fueron seguidos por muchos otros y, contribuyó a la realización de seminarios y talleres de la Misión Cavendish.

*Cuadro 1. Principales hitos del H2V*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Año** | **Hitos** | **Página web** |
| 2022 | COP 27. Banco Mundial. Lanzamiento de la Asociación del Hidrógeno para el Desarrollo (H4D) (nov-2022) | <https://h2chile.cl/h2-chile-en-la-cop27-el-resumen-de-nuestro-paso-en-la-cumbre-climatica/> |
| 2022 | Se inicia trabajo de las Mesas Regionales de Hidrógeno Verde en Magallanes con Mesa 1: gobernanza (oct-2022) | https://www.sustentable.cl/transforma-hidrogeno-verde-magallanes-trabaja-en-mesa-regional-gobernanza-y-acuerdos-de-primera-hoja-de-ruta-del-pais/ |
| 2022 | DIPRES. Presupuesto 2023. Crea programa de desarrollo productivo sostenible con una asignación a sector estratégico de H2V. 23-sep |  https://www.dipres.gob.cl/597/articles-285602\_doc\_pdf.pdf |
| 2022 | CORFO. Creación de Comité Interministerial de Hidrógeno Verde. Agosto 2022 | https://www.economia.gob.cl/2022/08/09/comite-interministerial-de-hidrogeno-verde-busca-acelerar-esta-industria-con-foco-en-el-desarrollo-local-de-los-territorios.htm |
| 2022 | CORFO. Hoja de Ruta Programa Transforma Región de Magallanes y la Antártida Chilena. PMG e Inicio consultores. 13-jul |   |
| 2021 | CORFO. 2o. Plenario del programa Transforma Regional Hidrógeno verde Patagonia Austral. Dic-2021 | https://www.corfo.cl/sites/Satellite?c=C\_NoticiaRegional&cid=1476730753956&d=Touch&pagename=CorfoPortalPublico%2FC\_NoticiaRegional%2FcorfoDetalleNoticiaRegionalWeb |
| 2021 | CORFO. 1er. Plenario del programa Transforma Regional Hidrógeno verde Patagonia Austral. Sept-2021 | https://elpinguino.com/noticia/2021/09/08/hidrogeno-verde-patagonia-austral-da-sus-primeros-pasos |
| 2021 | HIF (socio estratégico de Enel Green Power), comienza la construcción de la 1a. planta piloto para la producción de H2V. 10-sept | https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articles/2021/10/hidrogeno-verde-punta-arenas-chile |
| 2021 | Aprobación ambiental para 1er. proyecto de planta de combustible (base H2V) Haru Oni (Magallanes), por la empresa HIF4. May-2021 | <https://www.energia.gob.cl/noticias/aysen-del-general-carlos-ibanez-del-campo/historico-fue-aprobado-primer-proyecto-de-hidrogeno-verde-en-chile> |
| 2020 | MinEnergía: Publicación de Estrategia Nacional del Hidrógeno Verde (nov-2020) | <https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf> |
| 2020 | Seminario y talleres Misión Cavendish | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2019 | COP 25. Actividades en torno al H2 | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2018 | Seminario GIZ sobre H2 (septiembre 2018) | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2018 | Creación de H2 Chile2 (enero de 2018) | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2017 | Seminario GIZ sobre H2 (mayo 2017) | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2017 | CORFO/CSIT3 co-financia 2 proyectos de aplicación del H2 a vehículos mineros | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2016 | GIZ 1 promueve trabajo conjunto sobre H2V con MinEnergía y CORFO | <https://h2chile.cl/chile-el-campeon-oculto-del-hidrogeno-una-historia-de-reivindicacion-economica-chilena/> |
| 2016 | MinEnergía: Hoja de Ruta Energética Magallanes: 2050. Marzo 2016 | <https://energia.gob.cl/consultas-publicas/hoja-de-ruta-energetica-magallanes-2050> |
|   |   |   |

1. GIZ (*Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*)
2. H2 Chile: Asociación Chilena de Hidrógeno
3. CSIT: Comité Solar e Innovación Tecnológica
4. HiF: *Highly Innovative Fuels*
5. Ver la lista de websites en la bibliografía

La CORFO, como se puede apreciar en el Cuadro 1, ha estado presente desde el comienzo en el fomento y acompañamiento de los proyectos sobre el H2V. Primero con la gestión de su Comité Solar e Innovación Tecnológica (2017), luego con el Programa Transforma Regional Hidrógeno Verde Patagonia Austral (2020-2021). Gracias a ese programa, se obtiene una Hoja de Ruta regional para el desarrollo del H2V. Por otra parte, la CORFO ha sido determinante en la formación de un marco institucional *ad hoc*, contribuyendo a la creación de las Mesas Regionales de H2V (2022) y a la conformación del Comité Interministerial de H2V (2022).

El Ministerio de Energía desde la perspectiva de sus políticas públicas, hizo un aporte fundamental a este proceso al elaborar la Estrategia Nacional del Hidrógeno Verde (2020). La estrategia está en proceso de actualización para adelantar el cumplimiento de sus metas.

Cabe una mención especial al impulso que se está otorgando a la conformación de capital humano, tecnológico y la creación de líneas de base ambientales, sociales y económicas que faciliten y hagan más eficiente la instalación de industrias del H2V en Magallanes. Al respecto se decidió una asignación especial en el presupuesto público del año 2023.

Finalmente, se debe hacer notar, el papel que le ha correspondido al sector privado en la promoción de la inversión y la formación de conocimiento sobre el tema. En particular a H2 Chile8, creado el año 2018, con una membrecía de más de 60 grandes empresas que operan en el país. El involucramiento del sector privado revela la importancia estratégica y las oportunidades de grandes negocios que genera el H2V.

**Proyectos y estimaciones sobre el futuro del H2V en Magallanes**

Las perspectivas del desarrollo industrial del H2V son muy promisorias para Chile, al punto que el país está en condiciones de producir el H2V más barato del mundo.

De acuerdo al Ministerio de Energía existe 1 proyecto aprobado en 2022 y 9 proyectos en proceso de aprobación, según se aprecia en Cuadro 2.

 *Cuadro 2. Resumen proyectos de producción de H2V*



Como se puede apreciar al 2030 se tiene un piso de producción equivalente a 1,5 millones de toneladas de H2V.  Si se calcula con un precio razonable a US$4.000 la tonelada, se tiene un valor de producción de US$ 6.000 millones. Un cálculo más detallado alcanza una cifra de US$5.400 millones, como se verá a continuación. Los costos, por su parte, al 2030 (US$ 1.500 millones) no alcanzarían la mitad de ese valor de producción.

La demanda de H2V, se puede dividir en dos componentes: demanda doméstica y demanda para exportaciones. En el Cuadro 3, muestra una proyección de las ventas domésticas de H2V a 2050.

*Cuadro 3. Mercado doméstico potencial del H2V al 2050*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  Mercado potencial | (Miles de millones de US$) |
|   | Utilización H2V | Ventas anuales |
| 1 | Uso en refinerías | 0.2 |
| 2 | Amoniaco doméstico | 0.5 |
| 3 | Camiones mineros (CAEX) | 1.6 |
| 4 | Camiones pesados de ruta | 2.0 |
| 5 | Buses de larga autonomía | 0.8 |
| 6 | Inyección en redes de gas (hasta 20%) | 0.3 |
|   | Total | 5.4 |
| Fuente: Ministerio de Energía (oct, 2021) |

En materia de exportaciones, entre los años 2025 a 2029 ya se proyecta para 6 empresas, según se observa en el Cuadro 4.

*Cuadro 4. Proyectos que podrían iniciar exportaciones*



Como una manera de establecer el impacto que las exportaciones de H2V tienen para la economía nacional, en el Cuadro 5 se ha hecho un ejercicio muy simple de proyección del PIB y las exportaciones hasta el año 2029, alineando las cifras macro con los datos del Cuadro 4.

*Cuadro 5. Comparación proyección de exportaciones de H2V con el PIB y total exportaciones*

 

Los supuestos más fuertes se relacionan con la mantención del tipo de cambio 2022 para toda la serie; el crecimiento de las exportaciones igual al crecimiento tendencial del PIB y la mantención de las proporciones de exportaciones silvo-agropecuarias pesqueros en el total para toda la serie. Los supuestos son extremos, pero no afectan mayormente la conclusión sobre los grandes números de las exportaciones de H2V.

Se puede concluir que las exportaciones de H2V al año 2029, luego de recién iniciarse el 2027, equivaldrán a más de la mitad de las exportaciones silvo-agropecuarias-pesqueras y un 9% de todas las exportaciones de minería. Considerando los proyectos señalados en el Cuadro 2, esas proporciones aumentarán considerablemente en los próximos años después del 2029.

El horizonte temporal al 2030 de producción potencial de 1,5 millones de toneladas (suma de proyectos del Cuadro 2), es una pequeña muestra del potencial de producción de H2V en Chile. En efecto, se estima que existe una capacidad productiva potencial de 200 millones de toneladas, que en la estimación conservadora de US$ 4.000 por tonelada, equivale a US$ 800 mil millones. Más del doble del PIB que se estima en el Cuadro 5. Chile está en condiciones de producir más de 2 veces energía eléctrica, que la energía termoeléctrica que se obtendría aplicando todo el volumen exportado de petróleo por Arabia Saudita. De ahí que, en 2017, el Washington Post denominó a Chile como “la Arabia Saudita de las Renovables”.