



UNIVERSIDAD DE CHILE -FACULTAD DE CIENCIAS -ESCUELA DE PREGRADO

**“Efectos socioambientales de la Industria del Hidrógeno Verde en Chile: Una
revisión crítica en la implementación de proyectos sobre la Región de
Antofagasta y Magallanes”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de
los requisitos para optar al Título de Bióloga con mención en Medio Ambiente.

Catalina Roxana Cifuentes Díaz

Directora del Seminario de Título: Beatriz Isabel Bustos Gallardo

Patrocinante: Carezza Veronica Botto Mahan

Octubre, 2023

Santiago - Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el o (la) candidato (a):

CATALINA ROXANA CIFUENTES DÍAZ

“Efectos socioambientales de la Industria del Hidrógeno Verde en Chile: Una revisión crítica en la implementación de proyectos sobre la Región de Antofagasta y Magallanes”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Bióloga con mención en Medio Ambiente.

Dra. Beatriz Bustos Gallardo

Directora Seminario de Título _____

Dra. Carezza Botto Mahan

Profesora Patrocinante _____

COMISIÓN REVISORA Y EVALUADORA

Dr. Javier Simonetti Zambelli.

Presidente _____

Dr. Ezio Costa Cordella

Corrector _____

Santiago de Chile, Octubre, 2023

*“Vamos en una balsa sobrepoblada
de la cordillera hacia el mar
siguiendo la ruta del río*

*escuchamos noticias de la radio
y desde las alturas vemos
cómo ya han levantado un muro
que fragmenta en trincheras
nuestra antigua morada*

*Algunas amigas lloran
expulsadas y malheridas
por los primeros invasores
que auguraban los planetas*

No importa

*Sea donde sea que lleguemos
preparo el filo de mi roca
y guardo sus rostros
como carne misma
arrastrando mi cuerpo
listo para zarpar
y abrir la noche con mis uñas.”*

-Daniela Catrileo

Agradecimientos

Mil veces agradecida de todas las personas que se hicieron parte de mi paso por la Universidad. Todas las personas que tomaron mi manito, que dieron su compañía, sus palabras, que me dieron su apoyo cuando pensé que no podría lograrlo, que no era suficiente, que no era capaz.

A toditas las personas que van desde mis compañeros y compañeras, con quienes estudiamos, nos desvelamos, nos prestamos cositas, cuando corríamos por prestarnos el delantal blanco, la calculadora, ante cualquier olvido.

A mis compañeros y compañeras, con quienes nos organizamos, soñamos, nos desvelamos, discutimos, creamos, pintamos, marchamos, pero sobre todo soñamos con que otro mundo es posible. A todas las personas con quienes me organicé en mis años de Universidad, a quienes formaron parte del grupo de estudiantes movilizadas de ciencias, quienes compusieron el CEC y quienes tomaron otros roles.

A mis hermanos y hermanas que han sido parte de la SESOPO, que son pedacitos de mí.

A todas las personas que hicieron que mi paso por la Universidad no fuese una sala de clases, sino una experiencia desbordante de verme a mi misma y verme en muchos otros. De crecer, para ser más yo. Hacerme más chiquitita, más morena y más china, más lento y humilde mi andar. Me hice algo más buena, me hice algo más vieja, me hice algo más bella. El paso por la universidad nunca fue una sala de clases, y terminé siendo más que nunca, yo misma.

A mi familia por su comprensión y apoyo.

Índice de Contenidos

Índice	de
Tablas.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	1
Objetivos.....	5
Materiales y Métodos.....	6
Resultados.....	11
1. Hidrógeno: Desde la química a la energía del futuro.....	11
1.1	
Historia.....	11
2. Tecnologías y materialidades. ¿Qué implica o requiere los procesos productivos del hidrógeno verde?.....	14
2.1. Producción.....	14
2.1.1. Fuentes energéticas: parques eólicos y campos solares.....	14
2.1.1.1. Parques Eólicos.....	15
2.1.1.2. Parques Solares.....	16
2.1.2. Electrolizador.....	18
2.1.3. Agua, como materia prima.....	20
2.1.4. Plantas Desalinizadoras.....	21
2.2. Almacenamiento.....	22
2.2.1 Compresión.....	22

2.2.2. Licuefacción.....	22
2.2.3 Portadores químicos.....	23
2.2.4 Hidruros metálicos.....	24
2.2.5 Hidruros metálicos alcalinos.....	24
2.3 Transporte.....	25
2.3.1. Tuberías.....	25
2.3.2. Traslado de contenedores.....	26
2.2.3. Generación in-situ.....	26
3. Críticas y controversias que enfrenta la industria, y sus posibles efectos ambientales.....	27
3.1 Altos requerimientos de agua.....	27
3.2 Producción enfocada hacia los mercados globales.....	30
3.3 Alta demanda energética que implica reconfiguración del territorio.....	31
4. Condiciones socioambientales R. Antofagasta y Magallanes.....	36
4.1 Región de Antofagasta, segunda región administrativa.....	36
4.1.1. Intereses de la industria del hidrógeno verde en la región.....	38
4.2 Región Magallanes y de la Antártica Chilena, duodécima región administrativa.....	39
4.2.2. Intereses de la industria del hidrógeno verde en la región.....	41
5. Proyectos concretos en Chile.....	42
5.1 Haru Oni de Highly Innovative Fuels (HIF).....	43
5.1.1. Tecnologías y procesos.....	44
5.1.2. Territorio y demanda energética.....	45
5.1.3. Agua y otros aspectos de materia ambiental.....	46
5.1.4. Proyecciones locales y globales, ¿hacia dónde se dirige la producción?....	47

5.1.5. Sobre titular, origen, alianzas y otros antecedentes.....	48
5.2 HyEx de Engie Latam.....	50
5.2.1. Tecnologías y procesos.....	51
5.2.2. Territorio y demanda energética.....	53
5.2.3. Agua y otros aspectos de materia ambiental.....	55
5.2.4 Proyecciones locales y globales, ¿hacia dónde se dirige la producción?....	55
5.2.5. Sobre titular, origen, alianzas y otros antecedentes.....	56
Discusión.....	59
Las críticas y controversias de la industria aplicadas sobre los proyectos Hyex (R. Antofagasta) y Haru Oni (R. Magallanes) en la realidad nacional chilena.....	61
Otros aspectos a destacar de los proyectos bajo análisis.....	65
Consideraciones finales.....	66
Conclusiones.....	72
Bibliografía.....	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Características generales de grandes generadores a finales de la década del 2000 (adaptado de López, 2012).....	16
Tabla 2. Características de tres Parques Eólicos de gran envergadura vigentes en Chile (Aela Eólica Llanquihue SpA, 2013; Parque Eolico el Arrayan SpA, 2009; Parque Eolico el Arrayan SpA, 2011; Aela Eólica Sarco SpA, 2012).....	16
Tabla 3. Características de tres parques solares (dos fotovoltaicos, uno termosolar) de gran envergadura, vigentes en Chile (ACCIONA, 2022; Cerro Dominador CSP S.A., 2013; HELIO ATACAMA TRES SpA, 2012; HELIO ATACAMA TRES SpA, 2012).....	18
Tabla 4. Se describen los principales detalles de los dos proyectos bajo análisis: Hyex (Segunda región, Antofagasta) y Haru Oni (Duodécima región, Magallanes y Antártica Chilena), y características asociadas a su evaluación ambiental. Entiéndase DIA como Declaración de Impacto Ambiental, y EIA como Evaluación de Impacto ambiental. Ambas correspondientes al sistema del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).....	43

Índice de Figuras

Figura 1. Principio de la electrólisis (ENGIE LATAM S.A., 2021).....	19
Figura 2. Representación del electrolizador PEM de Siemens (HIF Spa, 2020).....	45
Figura 3. Representación geográfica del proyecto. A la izquierda, se ilustra la ubicación con respecto a la distribución comunal de la región. A la derecha, se observa el área del proyecto y su Línea de Transmisión Eléctrica para suministro eléctrico de respaldo (LTE) (HIF Spa, 2020).....	46
Figura 4. Electrolizador alcalino representativo, es decir, de similares características será utilizado para el proyecto. La planta contará con 5 equipos de tecnología alcalina con una capacidad estimada de 5 MW cada uno (ENGIE LATAM S.A., 2021).....	53
Figura 5. Representación geográfica del proyecto (ENGIE LATAM S.A., 2021).....	54

Resumen

El Gobierno de Chile, en Noviembre del 2020, proclama la “Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde”, donde se anuncia un plan para la producción de la última forma prometedora de energía: el “Hidrógeno Verde”. Su contingencia se debe a que se presenta como una alternativa para la descarbonización del sector energético y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, fuera de las bondades exaltadas, poco se habla sobre los requerimientos de su producción, sus controversias, y de los posibles impactos asociados a su posición en Chile. En el presente trabajo se caracterizaron las tecnologías y materialidades implicadas, las críticas y controversias más recurrentes que enfrenta la industria, y luego, para su contextualización a la realidad de la región chilena, se ahonda en las regiones de Antofagasta y Magallanes. Para esto último, se describen las características sociales y ambientales de cada región, y se profundiza en un proyecto representativo, aprobado por el Servicio de Evaluación Ambiental, por tanto, ad portas de ser ejecutado en la zona, donde se analiza críticamente cómo se abordan los aspectos anteriores para efectos del proyecto. De esta manera, se identificó la mención del agua reducida al aspecto técnico sin mención del estado de sequía, una notoria intención hacia la exportación de los productos a escala global, un amplio número de actores transnacionales involucrados tanto en financiamiento como en tecnologías. Además, en uno de los casos, se declara un proyecto de forma fragmentada para su evaluación. Estos aspectos presentan una idea preliminar de los posibles impactos socioambientales de la industria del Hidrógeno Verde. Se realiza un llamado urgente hacia un repensar la Estrategia Nacional, con la finalidad de que esta vez se configure en torno a la justicia social y climática como las intenciones prioritarias, y no la generación de un “nuevo cobre”.

Abstract

The Chilean Government proclaimed the "National Green Hydrogen Strategy" in November 2020, which announces a plan for the production of the latest promising form of energy: "Green Hydrogen". Its contingency is due to the fact that it is presented as an alternative for the decarbonization of the energy sector and the reduction of greenhouse gas emissions. However, apart from the exalted benefits, little is said about the requirements of its production, its controversies, and the possible impacts associated with its position in Chile. In the present work, the technologies and materials involved, the most recurring criticisms and controversies facing the industry, were characterized, and then, for its contextualization to the reality of the Chilean region, it delves into the regions of Antofagasta and Magallanes. For the latter, the social and environmental characteristics of each region are described, and a representative project, approved by the Servicio de Evaluación Ambiental, therefore, ad portas of being executed in the area, is deepened, where it is critically analyzed how they are addressed the above aspects for the purposes of the project. In this way, the mention of water reduced to the technical aspect without mentioning the state of drought was identified, a notorious intention towards the export of products on a global scale, a large number of transnational actors involved in both financing and technologies. In addition, in one of the cases, a project is declared in a fragmented way for its evaluation. These aspects present a preliminary idea of the possible socio-environmental impacts of the Green Hydrogen industry. An urgent call is made to rethink the National Strategy, with the aim that this time it is configured around social and climate justice as the priority intentions, and not the generation of a "new copper".

Introducción

Chile es bien conocido por poseer proyectos de energías renovables geotérmicas y no convencionales de talla mundial (Armijo & Philibert, 2020), las cuales se han mantenido en aumento sostenido en esta región (International Energy Agency, 2018). A la vez, se destaca por presentar ambientes ideales para su implementación: en la zona norte, con la radiación solar más alta del mundo, y en su distribución sur, con vientos fuertes y constantes (Armijo & Philibert, 2020).

La implementación y desarrollo de cada una de estas iniciativas de producción de energías renovables no convencionales, definen nuevas dimensiones de uso y ordenamiento territorial, pues la instalación de parques fotovoltaicos, desalinizadoras y campos eólicos implican una transformación del territorio. De esta manera, las relaciones de socialidad y con la naturaleza se configuran bajo un nuevo ordenamiento. Por lo tanto, son tecnologías con un alcance político (Ceceña et al., 2007).

La última forma prometedora de producción de energía corresponde a la denominada “Hidrógeno Verde”. Este es un gas que se obtiene mediante la electrólisis del agua, por lo tanto requiere de grandes cantidades de electricidad y agua. Su contingencia se debe a que se presenta como una alternativa para la descarbonización del sector energético y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto porque la fuente de energía por la cual se alimenta el proceso de electrólisis, debe provenir de energías renovables no convencionales (ERNC), como la solar o eólica, lo cual es determinante para su atributo “verde”.

En la actualidad, la industria hace uso del hidrógeno principalmente para la refinación de petróleo y la producción de fertilizantes nitrogenados sintéticos, siendo

poco utilizado para energía por su alto costo, en comparación con los combustibles fósiles (Bartlett & Krupnick, 2020). La mayor parte del hidrógeno (96%) es generado haciendo uso de combustibles fósiles, a partir del reformado de metano en gas natural (denominado “hidrógeno gris”), con altas emisiones de dióxido de carbono (Blanc et al. 2019), por esta razón radica la urgencia de “ecologizar” su producción. La formulación “verde” del hidrógeno a un bajo costo, es decir, competitivo en el mercado, dependerá de las bajas en costos de los electrolizadores y de las energías renovables (Ministerio de Energía, 2020), siendo esta última el 70% del costo total (Milesi, 2021).

El Gobierno de Chile, en Noviembre del 2020, anuncia el plan de “Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde”: Este es un proyecto que promete impulsar la transición de una economía históricamente basada en la extracción de recursos no renovables, a uno que produce combustibles limpios y renovables, además de añadir “valor verde” a sus exportaciones (Ministerio de Energía, 2020). Se presenta como una alternativa para la descarbonización y, a su vez, para “(...) seguir un camino bajo en carbono para el crecimiento y el desarrollo”. Es decir, con pretensiones de alimentar necesidades energéticas de escala global, lo que es mencionado múltiples veces en el informe, e incluso, bajo declaraciones del ex-biministro de Energía y Minería, Juan Carlos Jobet, para convertir a Chile en líder mundial en la producción y exportación de hidrógeno verde (Ministerio de Energía, 2020).

Sin embargo, más allá de las bondades exaltadas que podría traer la transformación de la quema fósil por energía basada en hidrógeno verde, poco se habla sobre los requerimientos de su producción, sus controversias, y de sus posibles impactos asociados a su posición en Chile. Aspectos como sus altos requerimientos de agua —estimados en nueve toneladas por cada tonelada de hidrógeno sintetizado

(Beswick et al., 2021)—, en medio de un escenario de sequía sostenida por más de una década en la región chilena (Gobierno de Chile, 2021). A su vez, la industria necesita de un aumento en la inversión en energías renovables no convencionales, inversiones arriba de los 300 Giga solar —Para dimensionarlo, en paneles por persona serían 15 KW de potencia que equivalen a 40 paneles solares por cada chileno” (dichos de Marcelo Mena, exministro de Medio Ambiente bajo la presidencia de Michelle Bachelet)— (Milesi, 2021). Otro punto, es la infraestructura asociada para la industria y transporte de las mercancías, cuyo destino está enfocado hacia mercados globales, a partir de pocos y grandes productores, emplazados principalmente en dos regiones del país: Antofagasta y Magallanes (Ministerio de Energía, 2020; Osorio et al., 2021).

Por lo tanto, ante la instalación en territorio nacional de una industria de producción de hidrógeno verde de escala global, se requiere con urgencia hablar sobre sus impactos e implicancias territoriales, sociales y ecosistémicas, por lo tanto, es necesario preguntarse ¿cuáles son los efectos socioambientales de la implementación de plantas de producción de hidrógeno verde en Chile?

Este trabajo fue realizado en colaboración con el Laboratorio Ecología Política y Estudios Socioambientales del Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad de Chile. A su vez, se posiciona desde la Ecología Política como perspectiva teórica y política para su análisis y reflexión. De acuerdo a Bustos et al. (2015), la Ecología Política es “un enfoque que pretende problematizar las relaciones humano y naturaleza desde la teoría del poder, la forma de generar conocimiento, la producción discursiva y material de la naturaleza y la distribución de la propiedad” (Bustos et al., 2015, p.18). Ésta es una mirada disciplinaria que entiende la naturaleza como un fenómeno político, es decir, deja de

entender la naturaleza como un fenómeno existente por sí solo, sino se considera entrelazada inevitablemente en procesos de construcción y producción social. Además, se piensa que la naturaleza es “metabolizada por el capitalismo con miras a transformarla en mercancía, y así pasar a formar parte del proceso de acumulación” (Bustos et al., 2015, p.26). De esta manera, para el autor Robbins (2004) “la política es inevitablemente ecológica y la ecología es inherentemente política” (Robbins, 2019, pp. xvi-xvii).

La Ecología Política también rechaza la supuesta universalidad de las relaciones que los humanos establecen con la naturaleza como un error epistemológico, que de paso oculta dinámicas de dominación y exclusión. Reconoce que las transformaciones ambientales están basadas en actores políticos, y por lo tanto, involucra relaciones de poder (Bustos et al., 2015). Por lo tanto, se vuelve central entender las dinámicas de exclusión y asimetrías entre los actores que intervienen en la construcción y producción de la naturaleza (Bustos et al., 2015).

Por otra parte, la Ecología Política considera que la producción de conocimiento jamás es neutral, y que es necesario deconstruir la supuesta neutralidad de la ciencia, para dar espacio a develar lo profundamente político del conocimiento científico (Bustos et al., 2015).

Objetivos

Por lo tanto, se propone como objetivo general y objetivos específicos:

- OG - Caracterizar los efectos socioambientales de la industria del Hidrógeno Verde en Chile, acotado a las regiones de Antofagasta y Magallanes.
- OE1 - Caracterizar el ciclo de producción de hidrógeno verde para identificar momentos o instancias de efectos socioambientales.
- OE2 - Caracterizar proyectos de hidrógeno verde a ejecutarse en Chile para identificar posibles implicancias socioambientales

Materiales y Métodos

Este trabajo corresponde a una revisión bibliográfica, realizado en colaboración con el Laboratorio Ecología Política y Estudios Socioambientales del Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad de Chile. De esta manera, se sitúa desde la Ecología Política como enfoque teórico y político a la hora de analizar y reflexionar. Esta línea relaciona extractivismo, poder y naturaleza para comprender las consecuencias y conflictos producto del proyecto neoliberal, que mercantilizan la naturaleza y poseen efectos sobre la vida de las comunidades urbanas o rurales (Bustos et al., 2015).

Desde el posicionamiento teórico es que la revisión bibliográfica no se concentró únicamente en aquellas de fuentes estrictamente técnicas-académicas, sino que también se consideraron documentos gubernamentales y de otras tribunas sociales, que tuviesen estricta relación con la industria del hidrógeno verde en la región chilena. Las enunciaciones gubernamentales se consideraron por ser la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde una iniciativa de Estado, iniciada a fines del gobierno de Sebastian Piñera (en noviembre de 2020), y continuada en el gobierno de Gabriel Boric. Las voces provenientes de tribuna social (entendiéndose como organizaciones sociales o comunitarias) se consideraron con la intención de no promover la exclusión de estas, entendiendo que las discusiones dadas en esta investigación no le conciernen únicamente a técnicos o profesionales.

Para la revisión de fuentes de producción académicas y técnicas, se utilizó Google Scholar como plataforma de búsqueda. Para declaraciones gubernamentales-estatales se realizó una revisión de prensa y medios de comunicación de entidades de gobierno, donde se revisó principalmente Ministerio

de Energía, Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Para tener una representación de discursos proveniente de la tribuna social, se revisó principalmente prensa local, publicaciones del Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) —por ser una organización de conflictos ambientales, y por ser la única organización o colectivo político que genera información crítica sobre la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y su implementación—, Sindicato de Trabajadores de ENAP, y Centro de Información Periodística (CIPER).

La revisión de estos se realiza entre los meses de Octubre 2021 a Diciembre 2022.

Para el alcance de los objetivos de investigación, el trabajo se dividió en 5 capítulos de recopilación de información, de los cuales el tratamiento dado en cada uno de ellos se detalla a continuación.

En el Capítulo 1, denominado **“Hidrógeno: Desde la química a la energía del futuro”**, se realizó una compilación histórica en torno al hidrógeno como fuente energética y de innovación para identificar momentos históricos claves por los cuales hoy se baraja como una alternativa ecológica y viable para la transición energética. Esto, acorde a una revisión general de literatura sobre hidrógeno verde acorde al OG del trabajo. De esta manera, se recabó información desde fuentes académicas bajo las palabras “history hydrogen”, “historia del hidrógeno”, “history green hydrogen”.

En el capítulo 2, se caracterizó la tecnología y otras materialidades que se implican en los procesos productivos del hidrógeno verde, para el alcance del OE2, por esto se denomina **“Tecnologías y materialidades: ¿Qué implica o requiere los procesos productivos del hidrógeno verde?”**. Para este capítulo se recurrió a

fuentes académicas y técnicas, donde las palabras utilizadas en la búsqueda fueron: “tecnología hidrógeno verde”, “technology green hydrogen”, “energía eólica tecnología”, “technology wind energy”, “wind farms impacts”, “parque solar tecnología”, “energía solar tecnología”, entre otras.

Ya en el capítulo 3, **“Críticas y controversias que enfrenta la industria, y sus posibles efectos ambientales”** se exponen las críticas y controversias que enfrenta la industria, a partir de lo teórico y desde experiencias existentes, donde se explican y problematizan acorde al contexto socio-político nacional. De esta manera, se abordó el OE2. La revisión de textos fue de producción académica —mediante Google Scholar, utilizando palabras claves como “water requirements green hydrogen”, “solar park impact”, “wind farm impacts”, “energy transition chile”, “energy political ecology”, “impact desalination plant”, “socioambiental hidrógeno chile” en su búsqueda— y organizaciones sociales —organizaciones sociales y/o medioambientales, como OLCA, CIPER, Sindicato de trabajadores ENAP, Columnas CODEFF—, revisión mediante la cual se identificó las críticas comunes. Además, para el análisis político nacional, se recurrió a documentos gubernamentales, especialmente medios de prensa y declaraciones oficiales.

Luego, en el capítulo 4, titulado **“Condiciones socioambientales R. Antofagasta y Magallanes”** se abordó el OE2. Para caracterizar los efectos socio-ambientales en territorio chileno, se acotó a las regiones administrativas de Antofagasta y Magallanes, por ser dos focos principales de implementación de la industria, acorde a la literatura. Se describieron las condiciones socioambientales de las regiones de Antofagasta y Magallanes, donde se caracterizaron aspectos sociales y ambientales del territorio, junto a experiencias previas asociadas a las tecnologías y materialidades propias de la industria, para identificar de qué manera podrían ser

afectadas por la implementación de estos proyectos. Finalmente, se identificaron intereses particulares para la implementación de estos en la región, con el propósito de distinguir qué consideraciones existieron para definir o impulsar proyectos en Magallanes y Antofagasta, qué empresas y grupos están detrás. Para la caracterización socio-ambiental se recurrió a documentos gubernamentales, municipales, medios de prensa local, y provenientes de organizaciones no-gubernamentales —como el INDH—, mientras que para la identificación de intereses de particulares y grupos empresariales, también se consideraron declaraciones de las mismas.

En el capítulo 5 **“Proyectos concretos en Chile”** se caracterizaron dos proyectos representativos a emplazar en las regiones de Antofagasta y Magallanes, ambos se eligieron por encontrarse entre los primeros en ingresar al Sistema de Evaluación Ambiental y ser aprobados. Para ambos se realizó una descripción del proyecto, una exposición detallada de sus procesos industriales y tecnologías requeridas, acorde al OE1. Luego, con el propósito de representar cómo el titular aborda las críticas y controversias propias de la industria, le siguen tres apartados — en primer lugar, “Territorio y demanda energética”, luego le sigue “Agua y otros aspectos materia ambiental”, y por último, “Proyecciones locales y globales: ¿hacia dónde se dirige la producción?”—, acorde al OE2. Y un último apartado que se inclina hacia profundizar en torno al titular, su origen, alianzas empresariales referidas al proyecto, u otros detalles relevantes.

Para esto, se revisaron los documentos disponibles por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), que fueron parte de la evaluación de los proyectos, como ficha general, Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y Resolución de Calificación Ambiental (RCA) de cada uno de estos. También se consideran páginas

y comunicados oficiales disponibles en formato web del titular donde declara en torno al proyecto y sus vinculaciones con otros grupos empresariales. A partir de esto, se caracterizaron estos grupos empresariales, se indagó mediante prensa local y OLCA, otros proyectos y experiencias que ilustran su relación con los territorios y sus poblaciones, en la línea del OE2.

En discusión, se realiza un análisis crítico de la información recopilada, desde el posicionamiento teórico-político de la autora.

Resultados

1. Hidrógeno: Desde la química a la energía del futuro

El hidrógeno es uno de los elementos más abundantes del planeta, el primero en figurar en la tabla periódica. Sin embargo, desde su descubrimiento como elemento químico a la actualidad, ocurren una serie de sucesos para que este se baraje como la principal alternativa de descarbonización mundial ante el escenario del cambio climático. Por esto, mediante una recopilación de acontecimientos históricos, tanto de investigación científica, innovación tecnológica, como eventos sociales y políticos, se describe a continuación la historia del hidrógeno.

1.1 Historia

La observación del hidrógeno por primera vez se remonta a 1520, sin embargo, al no encontrarse disponible en estado puro sino que siempre en combinación con otros elementos químicos, no se reconoció como uno hasta 1700 a manos de Henry Cavendish (Cavendish, 1766; Emsley, 2011). En el curso de su descubrimiento, se identificaron características explosivas y, por lo tanto, una potencialidad energética. Así mismo, el descubrimiento de que la quema de este elemento produce agua fue la propiedad que le brindó su nombre, proveniente del griego: *hydro*, que significa agua, y *genes* de generar, es decir, "productor de agua" (Bascuñán, 2008; Emsley, 2011).

Gracias al descubrimiento de las características del hidrógeno, se crearon innovaciones o aplicaciones basadas en este. La primera innovación tecnológica que lo utilizó como fuente energética fue el globo aerostático "La Charlière" (1783), mientras que la primera de uso masivo y público fue el Zeppelin (1900) (Emsley,

2011). Entre los descubrimientos de mayor relevancia, relacionados al hidrógeno y su apuesta del hidrógeno verde se encuentran: la primera electrólisis en 1789 y, al año siguiente, la descomposición e identificación del hidrógeno y oxígeno como productos de este proceso (De Levie, 1999). En 1801 se realiza la primera propuesta teórica y conceptual del “*fuel cell*” o pila de combustible, es decir, el primer planteamiento de un dispositivo electroquímico, que mediante la reacción de combustible y oxidante, produce energía eléctrica; luego, en 1806 se efectúa la construcción del primer dispositivo basada en hidrógeno y oxígeno (Emsley, 2011).

Pareciese que las discusiones en torno al hidrógeno como combustible alternativo fuesen algo reciente, pero estas se remontan a varios años atrás. En 1972, el profesor de química John Bockris, plantea el hidrógeno como un novedoso y sostenible combustible, para ser alternativa al gas natural y al petróleo, quien además acuñó el término “Economía del hidrógeno”. Esta idea refiere al uso de este gas como vector energético y, además, el término se aplica a los aspectos energéticos, ecológicos y económicos de este (Bockris, 1972). Posteriormente, esta idea toma mayor fuerza con el libro de Jeremy Rifkin *The Hydrogen Economy* (2002).

De esta manera, se ha destacado al hidrógeno producido por electrólisis del agua, energizada desde fuentes de energía renovable, denominado hidrógeno verde, como un elemento central para la transición energética y descarbonización de la economía. Este se considera coherente con el esfuerzo mundial por alcanzar las metas planteadas en el Acuerdo de París de la COP 21 (2015), cuyo objetivo es combatir los efectos del cambio climático.

El World Energy Council (WEC) informa que a mayo 2021, 12 países y la Unión Europea han publicado sus estrategias nacionales de hidrógeno. Según

destaca el mismo informe, el hidrógeno bajo en carbono¹ —producida por electrólisis mediante fuentes de energía renovable eólica o solar, o a partir de combustibles fósiles combinados con la captura y almacenamiento de carbono— no es competitivo en costos con otros suministros de energía en la mayoría de las aplicaciones y ubicaciones, probablemente lo siga siendo sin un apoyo significativo para cerrar la brecha de precios (García, 2021).

En estos acuerdos internacionales también se enmarca el estado chileno, el cual en noviembre del 2020, lanza la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, que propone que las exportaciones de hidrógeno superen a las de cobre, junto con producir este combustible a los precios más baratos del mercado para 2030 (Gubinelli, 2021). Para agosto del 2021, la cartera de proyectos de hidrógeno verde en Chile se triplicó en comparación a noviembre de 2020, pasando de 20 a 60 proyectos (Gubinelli, 2021). De esta manera, la industria del hidrógeno verde figura como parte clave para el Plan de Transición Energética de Chile (Ministerio de Energía, 2022).

¹ Se considera “hidrógeno bajo en carbono” a los denominados hidrógeno verde e hidrógeno azul. Este último se produce mediante combustibles fósiles (gas natural) pero recaptura una parte importante del dióxido de carbono que se libera.

2. Tecnologías y materialidades. ¿Qué implica o requiere los procesos productivos del hidrógeno verde?

Para conocer las implicancias de la producción a escala global de hidrógeno verde pretendidas en territorio nacional, se requiere entender las tecnologías y los procesos implicados en su producción. Este apartado se orienta hacia la tecnología que destaca en Chile, vinculada a los primeros proyectos de hidrógeno verde.

La cadena de producción del hidrógeno verde se analizará en tres partes principales: producción, almacenamiento y transporte.

2.1. Producción

Para su producción es requerida: agua como materia prima, la cual es separada en hidrógeno y oxígeno mediante un proceso denominado electrólisis. Para que esto se lleve a cabo, y para sostener el atributo “verde”, requiere funcionar a partir de energía eléctrica de producción libre de carbono, lo que quiere decir, proveniente de energías renovables no convencionales como la eólica o la solar, y haciendo uso de un electrolizador. Además, se considera como tecnología de producción el proceso de desalación, que muchas veces es propuesto como alternativa para la obtención de la materia prima a partir de agua de mar. A continuación, se profundiza en cada una de estas tecnologías y materialidades descritas.

2.1.1. Fuentes energéticas: parques eólicos y campos solares

La industria del hidrógeno verde requiere fuentes energéticas libres de carbono, es decir, de energías renovables no convencionales como la eólica o solar. Chile ha sido indicado como uno de los países donde es posible producir hidrógeno

verde más económico del mundo, debido a que el costo es nivelado mediante una producción en sitios de alta potencialidad para este tipo de energía, como el desierto de Atacama y la Patagonia (Ministerio de Energía, 2020). De esta manera, el desarrollo de estas tecnologías se ve potenciado ante la proyección de esta industria, y ya en octubre del 2022, las energías renovables superan al carbón por primera vez en Chile. En los últimos 12 meses la generación eólica y solar aumentó en un 27,5% y la generación a carbón solo alcanzó el 26,5%. Así también, la generación eólica y solar se han duplicado desde 2018. (Bruce-Lockhart & Fulghum, 2022).

2.1.1.1. Parques Eólicos

La energía eólica es una tecnología de larga data, que experimenta su crecimiento a partir de 1970 —debido a la crisis del petróleo en 1973—, y mayormente a fines del siglo XX. Este crecimiento se debe a la mejora del rendimiento energético y a mayor potencia de generación, tanto para pequeños y grandes sistemas eólicos (Ruiz & Serrano, 2006). En Chile, la primera instalación eólica fue el proyecto Alto Baguales ubicado en la Región de Aysén, que comenzó a operar en 2001 (Vestas Chile, 2022).

En términos técnicos, un parque eólico actúa como central eléctrica. Formado por aerogeneradores de gran capacidad nominal (600-3000 kW), resultando parques entre 10 a 100 MW. De esta manera, un parque eólico puede contener entre 30 y 40 aerogeneradores. Se distinguen dos tipos de parques: terrestres (*onshore*) y marinos (*offshore*). Un parque eólico marino tiene un coste de inversión del orden de dos veces mayor que un onshore, debido a la plataforma marina y a la interconexión eléctrica con la costa. En cambio su energía es mejor, por ser el viento más regular (López, 2012).

La mayoría de los aerogeneradores son máquinas de gran tamaño y, a partir de los 2000, sus características generales son:

Tabla 1. Características generales de grandes generadores a finales de la década del 2000 (adaptado de López, 2012)

Potencia nominal (kW)	Diámetro (m)	Altura de torre (m)	Velocidad de giro (rpm)
1,5-3 MW	70-90	60-100	10-15

Debido a la diversidad de características en las tecnologías de generación de energía eólica, para esbozar una representación de parques eólicos de gran envergadura, en términos de potencia instalada (en MW), se describen tres proyectos vigentes en Chile, y sus características propias.

Tabla 2. Características de tres Parques Eólicos de gran envergadura vigentes en Chile (Aela Eólica Llanquihue SpA, 2013; Parque Eólico el Arrayán SpA, 2009; Parque Eólico el Arrayán SpA, 2011; Aela Eólica Sarco SpA, 2012)

Nombre del proyecto	Titular	Año de inicio de operaciones	Ubicación	Potencia instalada (MW)	Características turbinas eólicas
Parque eólico Aurora	Aela Eólica Llanquihue SpA	2018	R. Los Lagos	129	43 turbinas eólicas Senvion 3.0M122
Parque eólico El Arrayán	Parque Eólico el Arrayán SpA	2014	R. Coquimbo	115	50 turbinas eólicas Siemens SWT-2.3-101
Parque Eólico Sarco	Aela Eólica Sarco SpA	2018	R. Atacama	170	50 turbinas eólicas Senvion 3.4M114

2.1.1.2. Parques Solares

Las tecnologías basadas en la energía solar, al igual que la energía eólica son de larga data. Experimentaron una alza en su aplicación entre los años 1970 y

1983, motivada por la crisis del petróleo de 1973 (Rasero, 2011). En Chile, el primer parque solar comenzó a operar en 2016, con el Parque Fotovoltaico El Romero, ubicado en el desierto de Atacama, específicamente en Vallenar, Región de Atacama (Acciona, 2022).

Las tecnologías de generación energética solar se clasifican en dos: los sistemas fotovoltaicos y los sistemas térmicos o termosolares (Marín, 2010). Estos se diferencian en que el primero genera exclusivamente electricidad, y el segundo energía almacenable en forma de calor y/o eléctrica (Marín, 2010).

Un proyecto solar fotovoltaico a gran escala, diseñado para el suministro de energía comercial, es también llamado parque solar (Marín-Jiménez & González-Cruz, 2020). Se consideran parques solares cuando el sistema posee una capacidad instalada de 10 MW o superior (Energía Abierta, 2022). Sin embargo, hoy los sitios más grandes en el mundo tienen capacidades de cientos de MW y algunos más de 1 GW.

Debido a la variedad de tecnologías de generación de energía solar y sus distintas características, para esbozar una representación sobre la espacialidad que requieren estos proyectos, se presentan tres proyectos vigentes a nivel nacional.

Tabla 3. Características de tres parques solares (dos fotovoltaicos, uno termosolar) de gran envergadura, vigentes en Chile (ACCIONA, 2022; Cerro Dominador CSP S.A., 2013; HELIO ATACAMA TRES SpA, 2012; HELIO ATACAMA TRES SpA, 2012)

Nombre del proyecto	Titular	Año de inicio de operaciones	Ubicación	MW	has
Parque fotovoltaico El Romero	Empresa Acciona	2017	R. Atacama	196	280
Planta termosolar Cerro Dominador	Atacama Generación Chile	2018	R. Antofagasta	210	148,4
Planta Fotovoltaica Bolero	Helio Atacama	2018	R. Antofagasta	148	528

2.1.2. Electrolizador

La electrólisis es un proceso electroquímico que utiliza un campo eléctrico externo mayor que el campo eléctrico interno de la molécula de agua, logrando polarizarla y separarla en hidrógeno y oxígeno. Para llevar a cabo el proceso se sumergen dos electrodos: cátodo y ánodo, es decir, sometidos a una diferencia de potencial eléctrico. Los electrodos provocan un campo eléctrico que separa en iones (H^+ y O^-) los elementos que componen el agua, los cuales se combinan generando gases (H_2 y O_2).

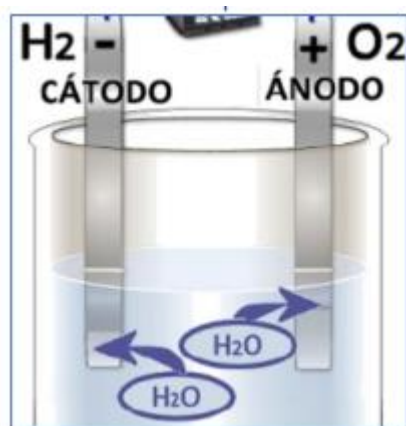


Figura 1. Principio de la electrólisis (ENGIE LATAM S.A., 2021)

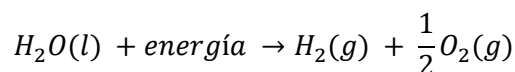
Existen diferentes tecnologías de electrólisis presentes en el entorno de investigación o en el mercado, como: alcalinas, membrana de intercambio de protones (PEM) y celdas de electrólisis de óxido sólido (SOEC). La electrólisis alcalina es la más madura económica y técnicamente, le sigue la tecnología PEM que ofrece mayor densidad de corriente y calidad de hidrógeno. Mientras que, la tecnología SOEC combina a los otros dos tipos de electrolizadores, pero sigue estando en desarrollo. De estos, el electrolizador PEM es el mejor candidato desde un punto de vista energético, pues requiere de 10 MWh diarios para la producción de 180 kg/día de hidrógeno con una eficiencia en torno al 60% (Fragiacomo & Genovese, 2019).

A modo general, la tecnología de los electrolizadores aún deben recorrer un camino de mejora: en su reducción de costos técnicos y solucionar su baja eficiencia energética —como los kilogramos de hidrógeno producidos por kilovatio hora consumido de electricidad—.

2.1.3. Agua, como materia prima

Haciendo énfasis en que el hidrógeno no se encuentra disponible libre en la naturaleza, sino que es necesario obtenerlo a partir de otras moléculas, se debe considerar los diferentes aspectos y posibles formas de producción. Las dos principales fuentes de obtención son a partir de hidrocarburos o agua como materia prima. Los procesos que utilizan hidrocarburos como materia prima -como: Gasificación del carbón, Reformado de vapor de gas natural y Oxidación de hidrocarburos (Jiménez, 2020)— requieren de agua y, a su vez, todos ellos generan productos indeseados, como gases de efecto invernadero, no óptimos para una producción sustentable del hidrógeno y una futura conversión a una economía basada en hidrógeno.

Por el contrario, existen procesos para la extracción de hidrógeno que sólo utilizan agua como materia prima, y que no producen subproductos indeseados o a base de carbono. Los métodos basados en agua, requieren de la adición de energía para separar las moléculas del agua, esta puede ser en forma de calor o electricidad, lo que se representa en la siguiente ecuación:



Beswick et al. (2021) declaran que para la producción de 1 kg de hidrógeno, se requieren de 9 L de agua, la cual debe ser agua dulce o previamente sometida a un tratamiento de desalinización, basándose en la estequiometría de la reacción.

Los procesos que utilizan agua como materia prima, presentan un producto de mayor pureza, a diferencia aquellos basados en hidrocarburos, que presentan trazas de monóxido de carbono. Además, el único subproducto generado es el oxígeno gaseoso. Sin embargo, se destaca que estos procesos requieren de energía

y, por esto, la fuente que la provee será clave para mantener este atributo (Jiménez, 2020).

2.1.4. Plantas Desalinizadoras

El agua desalinizada se presenta como una alternativa ante la crítica al consumo de agua de fuentes dulces, por esto, es importante considerar a las desalinizadoras como tecnologías asociadas e implicadas que facilitan la industria del hidrógeno verde. Las tecnologías de desalinización son diversas, y estas varían en su eficiencia energética, es decir, en el consumo de energía y en su capacidad de recuperación de agua utilizable.

La tecnología de desalinización líder en la actualidad es la ósmosis inversa (RO), que utiliza una presión aplicada y una membrana semipermeable para rechazar los iones presentes en el agua. Ésta consume menos energía que otros métodos de desalinización como la destilación, pues requiere entre 3,5 a 5 kWh de energía por cada metro cúbico de agua limpia producida (Cherif & Belhadj, 2018).

En cuanto a recuperación de agua limpia utilizable, los procesos de ósmosis inversa poseen distintos porcentajes de recuperación. Las de última generación — como la planta de Ashkelon en Israel— pueden lograr recuperar hasta el 50% de agua, por lo tanto, se requiere del doble de agua que se desea obtener (Greenlee et al., 2009).

Según Khan et al. (2021), la desalinización comprendería el 0.1% del requerimiento de energía de la electrólisis y agregaría apenas \$0.02 al costo del hidrógeno por kg, de manera que el mayor costo se concentra en el electrolizador y energías que provean a este.

Existen 24 plantas desaladoras en Chile, de estas 16 se emplazan en la

región de Antofagasta. Incluso, en Chile operó la primera planta industrial de desalinización en 1872 (Desaladoras Chile, 2022).

2.2. Almacenamiento

Se requieren métodos de almacenamiento para que el hidrógeno se encuentre disponible al momento de ser requerido, lo que permite prescindir de un flujo discontinuo para abastecer demandas energéticas. A continuación se presentan los principales métodos a criterio del autor Jiménez (2020).

2.2.1 Compresión

Por su baja densidad en estado gaseoso, el volumen de almacenamiento es mucho menor en comparación a otros gases más densos. Razón por la cual se utilizan compresores especialmente diseñados para hidrógeno y de manera de almacenar una mayor cantidad en el mismo volumen (Jiménez, 2020).

Es la técnica más utilizada para administrar hidrógeno a presiones de hasta 200 bar. Además es de disponibilidad general y puede considerarse de bajo costo, pero almacena cantidades relativamente pequeñas de H₂. El almacenamiento a alta presión aún se encuentra en fase de desarrollo (APPICE, 2021).

2.2.2. Licuefacción

Consiste en extraer calor al gas en múltiples etapas acompañadas de etapas de compresión, de este modo se alcanza el estado líquido, por lo tanto permite almacenar una mayor cantidad de masa en un mismo volumen. Proceso que viene bien a las características del hidrógeno, debido al bajo punto de ebullición (20,3 [K]),

lo que indica que requiere de temperaturas muy bajas para su condensación (Jiménez, 2020).

Se realiza primero una etapa de refrigeración con propano hasta los 170 [K], luego un proceso de expansión multi-etapa con nitrógeno hasta llegar a los 77,13 [K] y por último un proceso de compresión-expansión multi-etapa con helio hasta alcanzar los 20,3 [K] deseados, punto en el cual el hidrógeno se vuelve líquido (Jiménez, 2020). En el proceso, se pierde algo de hidrógeno por evaporación y la energía almacenada todavía no es comparable a los combustibles fósiles líquidos (APPICE, 2021)

2.2.3 Portadores químicos

Proceso que se basa en la reacción química entre el hidrógeno gaseoso y sustancias denominadas “portadoras”, generando como producto la versión hidrogenada de la sustancia portadora. Esta reacción debe ser reversible bajo condiciones controladas para recuperar el hidrógeno cuando se requiera (Jiménez, 2020). Se destaca el amoníaco (NH_3), químico sintético más utilizado en el mundo, el cual posee tecnologías de producción, almacenamiento y transporte presentes a nivel mundial. Se produce mediante el proceso de Haber-Bosch, que desde su creación en 1910 ha sido mejorado y masificado por la industria, el cual consiste en mezclar hidrógeno y nitrógeno en estado gaseoso en un reactor catalítico de forma cíclica para mejorar su eficiencia. El nitrógeno es extraído del aire, mediante unidades especializadas denominadas bajo las siglas ASU (denominación en inglés, Air Separation Unit) (Jiménez, 2020).

Otro grupo de portadores químicos son los orgánicos o LOHC (siglas en inglés de Liquid Organic Hydrogen Carrier). Existen diversas sustancias, como el tolueno o

derivados, el dibencil-tolueno y n-etil carbazol, entre otros. En su mayoría, bajo investigación, debido a que se consideran una alternativa posible para un futuro basado en hidrógeno, pues permite reutilizar la infraestructura existente de combustibles (Jiménez, 2020)

2.2.4 Hidruros metálicos

Corresponden a las aleaciones que consisten en uno o más elementos metálicos e hidrógeno, las que deben ser fáciles de formar y a la vez, de posteriormente recuperar el hidrógeno. Cuando el metal se expone al gas de hidrógeno, estos reaccionan formando una aleación compacta y sólida, de estructura densa y estable, sin embargo su enlace químico es débil, y puede liberar estas aleaciones bajo determinadas temperaturas o presiones, siendo revertida y liberando hidrógeno nuevamente (Jiménez, 2020).

Este proceso requiere circuito de refrigeración debido al calor de la reacción, aunque existe la posibilidad de reutilizar los efectos térmicos en subsistemas. Al utilizar metales para fijar el gas, el costo se eleva. Actualmente es una tecnología bastante cara (APPICE, 2021).

2.2.5 Hidruros metálicos alcalinos

Mismo concepto de hidruros metálicos, pero esta vez haciendo uso de moléculas más simples: hidruros metálicos alcalinos. Reacción que requiere más energía que no alcalinas -debido a que se requiere purificar el metal-. Los metales más utilizados en este proceso son: Li, Na, Ca (Jiménez, 2020).

2.3 Transporte

Por sus características de baja densidad, el hidrógeno presenta una complejidad adicional para su traslado, donde los transportes tradicionales —tuberías de gas, camiones y trenes con estanques para líquidos y gases, barcos, etc— movilizan cantidades insuficientes de hidrógeno. Razón por la cual se necesitan transportes especializados a las características del hidrógeno, que además pueden combinarse con los sistemas tradicionales y los métodos de almacenamiento (Jiménez, 2020). El hidrógeno puede producirse localmente o distribuirse a partir de una planta central.

2.3.1. Tuberías

Existen varias propuestas para realizar el transporte mediante tuberías. (Jiménez, 2020). La más simple, corresponde a aprovechar las redes ya existentes de transporte para gas natural, sin requerir de mayores modificaciones, inyectando hidrógeno en este. Las únicas variaciones necesarias están en el punto de inyección del hidrógeno y, posteriormente, en el retiro para la separación de los gases. Para esto, se usan bajos porcentajes de hidrógeno (entre 10-20%), lo que no perjudica la demanda de gas natural (Jiménez, 2020).

El transporte de hidrógeno mediante tuberías presenta problemas en algunos casos, particularmente en tuberías a base de acero u otras aleaciones del mismo metal, ocurriendo pequeñas fugas de hidrógeno, debido a que las moléculas de este son más pequeñas que el espacio entre las moléculas del metal. Lo que ocurre mayormente a medida que aumenta el porcentaje de hidrógeno en la cañería y la presión de operación. Esto puede evitarse utilizando tuberías compuestas por

metales con menor espacio entre moléculas o por polímeros sintéticos derivados del plástico (Jiménez, 2020).

Otra forma de transporte mediante tuberías es generar tuberías exclusivas para su distribución, las cuales deben ser de un diámetro mayor, capaces de soportar mayor presión para transportar hidrógeno comprimido, de forma competitiva en comparación al gas natural (Jiménez, 2020).

2.3.2. Traslado de contenedores

Consiste en el traslado de hidrógeno vía medios tradicionales como camiones, trenes, barcos, etc. Una posibilidad, es en estado líquido mediante camiones o trenes, similar al transporte de otros combustibles líquidos. Este puede no ser el óptimo, pues en estado líquido, se contiene menos masa, y por lo tanto, menos energía que un camión de combustible (Jiménez, 2020). Otra alternativa es que sea movilizado en su formato sólido, por aleación con hidruros metálicos - normales o alcalinos- (Jiménez, 2020).

2.2.3. Generación in-situ

Aunque esta alternativa no se trata de un medio de transporte como tal, se relaciona con la generación en el lugar o en cercanías de la demanda, lo que puede disminuir parcial o totalmente la necesidad de transportar el hidrógeno. Es una alternativa que desafía una producción tradicional y centralizada, que podría disminuir los desafíos de producción, almacenamiento y transporte a gran escala (Jiménez, 2020).

3. Críticas y controversias que enfrenta la industria, y sus posibles efectos ambientales

En una revisión rápida de literatura en torno al Hidrógeno Verde, se puede encontrar fácilmente sobre sus beneficios, sin embargo en esta sección le damos cabida a las críticas y controversias que exponen tanto críticos académicos y expertos en la materia, como organizaciones sociales

A continuación se describen tres principales y recurrentes críticas, cada una además es problematizada y emplazada en el contexto socio-político nacional.

3.1 Altos requerimientos de agua

Una de las principales preocupaciones que se enarbolan en las críticas hacia la industria del hidrógeno verde es precisamente su materia prima y dependencia principal: el agua. Acorde a Beswick et al. (2021), para la producción de 1 kg de hidrógeno, se deben consumir 9 L de agua, la cual debe ser agua dulce o previamente sometida a un tratamiento de desalinización (Beswick et al., 2021).

Sin embargo, los procesos de desalinización poseen distintos porcentajes de recuperación de agua utilizable, donde la recuperación define el porcentaje de agua limpia utilizable que produce el proceso de la cantidad de agua de alimentación (Beswick et al., 2021). Las plantas más recientes de ósmosis inversa logran recuperar hasta el 50% de agua, es decir, que se debe introducir en el proceso el doble de la cantidad de agua deseada en la salida (Greenlee et al., 2009). Por lo tanto, si la alimentación del proceso de producción de hidrógeno fuese exclusivamente por agua de mar desalinizada, esta requiere del doble de la necesaria teóricamente. Así, para la obtención de 1 kg de hidrógeno, se necesitaría 18 L de agua de mar.

Estos requerimientos de agua se emplazan en un contexto de crisis hídrica que enfrenta la región chilena desde hace más de una década. La sequía afecta al 72% del territorio nacional, en alguno de sus grados (leve, moderado o grave), lo que quiere decir que 16 millones de habitantes viven bajo algún grado de riesgo de sequía, lo que corresponde al 90% del país distribuidos en 317 de las 345 comunas del país (CONAF, 2016).

Esta sequía es reconocida por el Estado de Chile, siendo en el gobierno de Sebastian Piñera, en agosto de 2021, que se proclama el “Plan contra la Sequía” (Gobierno de Chile, 2021). Uno de los objetivos de esta estrategia es “asegurar el abastecimiento para el consumo humano y la producción de alimentos”, y entre sus medidas se encuentra “promover la desalinización, con foco en las regiones más afectadas por la sequía” (Prensa Presidencial, 2021).

De esta manera, si se plantea la desalinización como una solución para esta problemática, es relevante considerar sus impactos al ambiente. Las plantas desalinizadoras y toda su infraestructura afecta al medio ambiente local. La mayoría de los impactos sobre el medio marino surgen como consecuencia del vertido de salmuera y varios productos químicos utilizados en el proceso de desalinización (Sadhvani et al, 2005). Estas descargas pueden provocar aumentos sustanciales en la salinidad y la temperatura, y la acumulación de metales, hidrocarburos y compuestos antiincrustantes tóxicos en las aguas receptoras que provocan alteraciones en la estructura de la comunidad. Por lo tanto, la salmuera debe reutilizarse, tratarse o descargarse adecuadamente (Soliman et al., 2021). Sin embargo, es un consenso entre diversos autores que la selección del sitio de descarga es el factor principal que determina el alcance de los impactos ecológicos

de las plantas de desalinización, que pueden ir de no significativos para las comunidades bentónicas, hasta alteraciones generalizadas en la estructura de la comunidad en los ecosistemas marinos (Roberts et al., 2010). También ocurre contaminación acústica en las ciudades y pueblos cercanos (Sadhvani et al., 2005).

Los altos requerimientos de agua de la industria del Hidrógeno verde se han identificado como una nueva amenaza para movimientos sociales que luchan por la protección de esta. Pues, mientras no se establece constitucionalmente el agua como “bien común y Derecho Humano”, como sugiere el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA), se continuará perpetuando procesos de privatización y mercantilización de las aguas (Cuenca, 2021), bajo un nuevo motivo como es el abastecimiento de la producción del hidrógeno verde. De mantenerse la vigencia del inciso de la actual constitución, las empresas de producción de hidrógeno verde sólo necesitarán de un “Derecho de aprovechamiento de agua” para la obtención de su materia prima.

Desde la producción académica, las autoras Beswick et al. (2021) responden a estas críticas e inquietudes, diciendo que la cantidad de agua requerida para la electrólisis genera un impacto “insignificante”. Esto, respecto a la cantidad de agua de mar disponible, y considerando que ésta será la utilizada para proveer a la industria. Además, las autoras defienden, por comparación, que la cantidad de agua extraída y consumida para la producción de hidrógeno por electrólisis, es un “33% menos que los usos actuales relacionados con la energía de combustibles fósiles” (Beswick et al., 2021).

3.2 Producción enfocada hacia los mercados globales

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde planea aplicaciones domésticas y de exportación, con una inclinación hacia esta última por sobre la facilitación para su consumo local. Para 2035, se pretende que la cantidad exportada duplique el volumen destinado al consumo doméstico, y para 2050 sea cercano a triplicarlo. A su vez, se proyecta la producción de hidrógeno verde más barata del mundo para 2030, y para el mismo año, ser líder en exportación y producción a nivel global (Ministerio de Energía, 2020).

Esta producción a gran escala se pretende llevar a cabo a partir de pocos y grandes productores, emplazados principalmente en dos regiones del país: Antofagasta y Magallanes (Osorio et al., 2021). Esto replica lógicas centralizadas de producción, pues su exportación se dirigiría principalmente hacia los centros de consumo, sin ánimos de favorecer el uso local (Osorio et al., 2021). De la misma manera, Flores-Fernandez (2020) sostiene que, en el caso chileno: “La incorporación de fuentes renovables no convencionales a la matriz energética no ha modificado el modelo tecnocrático de gestión de mercado, la estructura de propiedad de los proyectos, ni ha supuesto un avance hacia sistemas energéticos democráticos y descentralizados que promuevan el desarrollo local y la efectiva participación de las comunidades en la toma de decisiones energéticas”. Lo que se condice con la crítica que levanta el Sindicato de Trabajadores de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), denunciando que los gobiernos han preferido concesionar y licitar el desarrollo de esta fuente energética, en lugar de fortalecer la gestión pública de lo que se espera se convierta en un recurso para el desarrollo nacional (Cabaña & Aedo, 2021; Diálogo Sur, 2021).

Otro aspecto a considerar es la distancia chilena de los principales mercados (Milesi, 2021), pues las energías renovables poseen limitaciones geográficas debido al aumento de la entropía en la transmisión (Cederlöf, 2021). Para Bunker (1985) esto se fundamenta sobre que la segunda ley de la termodinámica, la cual se expresa en una geografía, donde: “las transferencias de energía de baja entropía, que sostenían el metabolismo de las 'economías productivas' en el núcleo industrial, se importaban de 'economías extractivas' en la periferia”. Esto implica que, el desorden —entropía, desperdicio— es transferido del centro a la periferia (Frank, 2006). Esta extracción de energía ha tenido por consecuencia el despojo de la riqueza de los recursos y una mayor marginación de los grupos subalternos (Cederlöf, 2021).

La integración de tecnologías de energías renovables, a partir de redes centralizadas, requerirá de grandes esfuerzos de planificación intercontinental, las cuales van en contra de las contingencias geopolíticas (Malm, 2016). Esto contribuye a los crecientes conflictos y resistencias en los territorios por las comunidades locales, donde del total de los sectores productivos es el energético el que presenta mayor cantidad de conflictos —el 38% del total de conflictos ambientales— (INDH, 2018).

3.3 Alta demanda energética que implica reconfiguración del territorio

A diferencia de la energía solar o eólica, el Hidrógeno no corresponde a una fuente de energía directa, pues no se encuentra directamente disponible en la naturaleza, sino que debe ser producido, es decir, corresponde a un portador de energía. Por lo tanto, su principal desventaja es que requiere de energía eléctrica para su producción (Cabaña & Aedo, 2021), la cual es, finalmente, energía

secundaria que se transforma y no alimenta el sistema central, sino la producción del combustible de Hidrógeno Verde.

Su fabricación presenta baja eficiencia energética —traducida en cuántos kilogramos día (kg/día) de hidrógeno se producen por megavatio hora (MWh) por día—, lo que se debe a que la molécula de agua es altamente estable y requiere de mucha energía para romperla. Por esto, la tecnología de electrólisis es clave para reducir pérdidas energéticas, sin embargo la mejor evaluada alcanza un 60% de eficiencia (Fragiacomo & Genovese, 2019).

Queda muchas veces omitido que para producir hidrógeno verde, se requiere de la instalación de nueva infraestructura energética renovable en escalas cuyas dimensiones se desconocen, pero al respecto ha declarado el ex Ministro de Energía y Minería, Juan Carlos Jobet, quien en el contexto del informe de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, aseguró que el país es capaz de producir “70 veces la capacidad de generación eléctrica que tenemos hoy” (Ministerio de Energía, 2020). Si bien el 2021 la capacidad eléctrica total instalada en Chile fue de 26 GW, y de éstas sólo 4,2 GW se generaron mediante energía solar y 2,5 GW por producción eólica, rápidamente en octubre del 2022 donde las energías renovables superaron al carbón por primera vez en Chile (Energía Abierta, 2021; Bruce-Lockhart & Fulghum, 2022). A partir del 2022, la generación eólica y solar aumentó en un 27,5%, y se han duplicado en comparación al 2018 (Bruce-Lockhart & Fulghum, 2022).

Por esta razón es importante considerar los impactos socioambientales de las industrias que son parte del proceso de producción, como los parques eólicos y solares. Los impactos ambientales de los parques eólicos son: contaminación visual y acústica, modificación o destrucción de ecosistemas, por la utilización amplia de superficie que generalmente es en entornos naturales, lo que provoca modificación

de ecosistemas y degrada actividades ligadas al turismo. De esta manera, ocurre impacto sobre la fauna, sobre aves por colisión con las palas de las turbinas o afectaciones indirectas por modificación de hábitat y murciélagos por trauma barométrico, debido a los cambios de presión generados por los equipos (Ruiz & Serrano, 2006; SAG, 2015; Masden et al., 2009). Por otra parte, pueden afectar significativamente las temperaturas del aire cerca y lejos de las instalaciones terrestres y oceánicas, junto a alteraciones de las distribuciones globales de lluvia y nubes, debido a la turbulencia generada por los rotores de las turbinas eólicas. (Baidya & Traiteur, 2010; Wang & Prinn, 2010). Además, en cuanto a parques eólicos marinos, los cuales generan cambios de gran escala sobre la producción primaria marina y un aumento en los sedimentos en áreas más profundas debido a la reducción de las velocidades de las corrientes (Daewel et al., 2022).

El principal impacto de los campos solares se debe a que ocupan una gran extensión -más de un centenar de hectáreas (has)- en el que se sitúan miles de metros cuadrados de espejos reflectores. También es llamativa la torre central en las plantas termosolares, dada su elevada altura, próxima al centenar de metros. Dentro de estas instalaciones también ocupan un espacio considerable los equipos de potencia, y en los casos en los que cuentan con ellos, los acumuladores de calor. Además, la necesidad de instalar redes para la evacuación de la electricidad y la instalación misma de los paneles solares, lo que tiene efectos sobre cambios en los usos del suelo (Marín, 2010).

La ocupación del suelo de los campos solares tienen un impacto importante en la vida silvestre y el hábitat, acorde a Hamed (2022), considerando el uso de agentes anticongelantes, herbicidas, supresores de polvo e inhibidores de óxido que pueden tener efectos nocivos a largo plazo sobre la biodiversidad local y regional

(Lovich & Ennen, 2011; Abbasi & Abbasi, 2000). Las infraestructuras de energía solar de gran escala pueden bloquear el movimiento y la migración de especies de vida silvestre, teniendo efecto sobre la genética de poblaciones, lo que podría amenazar la biodiversidad y alterar el equilibrio del ecosistema (Saunders, 1991; Fahrig, 2003; Hamed, 2022). Otro aspecto es la sombra de los paneles fotovoltaicos, los cuales provocan un cambio en el microclima, teniendo efectos sobre la biodiversidad de la vegetación (Hamed, 2022)

En cuanto a impactos sociales, la necesidad de gran uso espacial de los campos solares puede contribuir en prácticas de despojo a grupos sociales vulnerables de sus activos vitales (Yenneti et al., 2016). Para dar contexto nacional, se rescatan dichos de Marcelo Mena, exministro de Medio Ambiente bajo la presidencia de Michelle Bachelet y actual miembro del gubernamental y autónomo Comité Asesor de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, declara que la estrategia incluye “inversiones arriba de los 300 Giga Solar. Para dimensionarlo, en paneles por persona serían 15 KW de potencia que equivalen a 40 paneles solares por cada chileno” (Milesi, 2021).

Las modificaciones en entornos pueden reformar ambientes para la vida animal y vulnerar la integridad de ecosistemas frágiles. Así lo dictan otras experiencias, cuyos procesos se encuentran asociados a la industria del Hidrógeno Verde, como, en la creación de líneas eléctricas (Clarke et al., 2006) o turbinas eólicas (Nadaï y Labussiere, 2010). Por lo tanto, el desarrollo del sistema energético puede inducir a un cambio ecológico más amplio.

La mantención de la industria del hidrógeno verde requiere de una gran inversión en energías renovables no convencionales, y por consecuencia, una alta necesidad de creación de nuevas plantas. Alta demanda que se proyecta en nuevos

campos eólicos y campos de paneles solares. Lo que se concreta en la concesión de terrenos fiscales de buenas condiciones para el desarrollo de proyectos de hidrógeno verde y derivados como objetivo de la Estrategia (Ministerio de Energía, 2020), proceso que se inició en Noviembre de 2021, junto a las ya adjudicadas 17.000 hectáreas en la reserva eólica de Taltal, región de Antofagasta, donde se ejecutarán proyectos de energía eólica y solar que generarán 2.800 MW (Ministerio de Bienes Nacionales, 2021).

Entonces, es en este esfuerzo de reemplazar la alta densidad de potencia producto de combustibles fósiles por las energías renovables, donde se generan grandes demandas sobre el espacio ecoproductivo (Hornborg et al., 2019). De la misma manera, Bridge et al. (2013) afirman que la incorporación de energías renovables a las redes eléctricas producirán nuevas geografías políticas de infraestructura energética. Para los autores Ceceña y Motto (2007), son las capacidades tecnológicas junto a los alcances políticos, los que determinan por consecuencia las dimensiones y posibilidades de uso y ordenamiento de los territorios.

En contraste a este aumento en la demanda energética para proveer a la industria como proyección país, se encuentra una gran tasa de desigualdad de acceso a esta energía. Existen 24.556 viviendas que carecen de acceso a energía eléctrica a nivel nacional, dicha cantidad de viviendas equivale a cerca de 75.000 personas, lo que corresponde al 0,4 % de la población a nivel nacional y el 3,5 % del total de la población rural, lo que es reconocido en el Mapa de Vulnerabilidad Energética (Ministerio de Energía, 2019). En este, se identificó que el déficit en el acceso al suministro eléctrico se concentra mayormente en cuatro regiones: Los Lagos, La Araucanía, Coquimbo y Biobío. Así mismo, Cerda y Gonzales (2017),

considerando la Encuesta de Presupuestos Familiares publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), establecen que el 15.7% de los hogares a nivel nacional —aproximadamente más de un millón y medio de personas— se encuentran en situación de vulnerabilidad energética.

El consumo energético a nivel nacional corresponde en un 43.3% a quema de biomasa, seguido por electricidad en 24.7% y gas licuado de petróleo 16.7% (Cerde & Gonzalez, 2017).

4. Condiciones socioambientales R. Antofagasta y Magallanes

Chile ha sido identificado como uno de los países donde se puede producir hidrógeno verde más barato del mundo (Ministerio de Energía, 2020; Acosta et al., 2022), y aunque la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde se encuentra aún en implementación, se han identificado dos regiones administrativas principales donde se pretende su desarrollo: La región de Antofagasta y Magallanes. Para ambas se apuesta por sus rasgos geográficos como aspecto principal para la viabilidad de esta Estrategia, pues esta depende de la generación de energía eléctrica por fuentes renovables. Las regiones que les siguen para el despliegue de esta industria corresponden a la región del Biobío y Valparaíso (Cabaña & Aedo, 2021).

4.1 Región de Antofagasta, segunda región administrativa

La Región de Antofagasta se caracteriza por ser de las más extensas y desérticas del país, lo que define su paisaje natural característico del Desierto de Atacama. A pesar de su condición de aridez, presenta alta biodiversidad en fauna, presentando 74 especies en la región. Son la cuenca del río Loa, los sitios costeros de concentración de surgencias marinas, y la red de lagunas y salares altoandinos,

los tres ecosistemas regionales caracterizados como de “alta importancia” (CONAMA, 2002).

La desalación es propuesta como una solución inmediata a la escasez hídrica de la zona (Aguas Antofagasta, 2022). Ciertamente, cerca del 90 por ciento del agua potable que se consume en la región es surtida por la Desaladora de Aguas de Antofagasta (Siebert, 2022). Sin embargo, al 2021 menos de la mitad de la producción de agua por desalación se destina para agua potable de consumo, siendo mayoritariamente dirigida hacia la producción minera (Gob de Chile, 2021).

En cuanto a las características socioeconómicas de la población, se estima que el 16,4 por ciento de las personas registradas en Censo 2017 se consideran en condición de pobreza multidimensional, situándose sobre el promedio del país —de 20,7 por ciento— (BCN, 2021). En la región, ciertas comunas han presentado un despoblamiento progresivo, principalmente por factores ambientales, las cuales son: Tocopilla —declarada como Zona Saturada Ambiental—, María Elena y Ollagüe (GORE, 2018). Así mismo, la contaminación ambiental ocupa el tercer lugar entre las principales preocupaciones para la población según la encuesta Encuesta Barómetro Región de Antofagasta (UCN, 2021).

El consumo energético residencial es principalmente de origen eléctrico —sobre 50%— (Cerde & Gonzalez, 2017), sin embargo cerca de 1000 viviendas se encuentran sin acceso alguno a energía eléctrica en la Región al 2019, lo que corresponde a 0,4% de las viviendas de la región (Ministerio de Energía, 2019).

La principal actividad económica de la región es la minería. Esta aparece ligada también a las formas predominantes de utilización y aprovechamiento de dos recursos: el agua y la energía. En la actualidad, sólo la minería hace uso directo de cerca del 70% del agua de la Región, y de más del 85% de la energía; en ambos

casos, con tendencia al incremento de este consumo. Por esta razón, el agua, siendo un recurso sumamente escaso en la región, es objeto de disputa ante sus diversos usos (GORE, 2018). De la misma manera, la energía también es objeto de pugna, por los efectos contaminantes de las fuentes industriales que la generan, donde el 78% de los conflictos socioambientales corresponden a energía, y el 11% al sector minero. Del total de conflictos registrados en la zona, se considera que el 11% vulnera el derecho al agua (INDH, 2018).

4.1.1. Intereses de la industria del hidrógeno verde en la región.

La Región de Antofagasta posee características ambientales y geográficas que favorecen la implementación de la industria, como lo es su alta radiación, que es idóneo para la ejecución de plantas solares fotovoltaicas, donde ya se desarrollan una amplia cantidad de proyectos (Ministerio de Energía, 2020). La región encabeza la potencia instalada en centrales de generación en el Sistema Eléctrico Nacional, llegando a 6.935 MW al 2021, donde las principales tecnologías en operación son carbón, gas natural y solar fotovoltaica (Coordinador, 2022). Otro factor, de tipo geográfico, es su cercanía a puertos como Mejillones, Taltal y Tocopilla, los cuales siguen siendo evaluados para la reestructuración y generación de nueva infraestructura (Ministerio de Energía, 2022).

La electrificación y las energías renovables, junto a sus derivados, como es el caso del hidrógeno verde, juegan un rol central para alcanzar el anhelo de la industria minera por una “minería verde” (Ministerio de Energía, 2021; Generadoras de Chile, 2022). Así fue mencionado en las declaraciones del ex Presidente Piñera, indicando que el hidrógeno verde *“presenta una serie de beneficios como vector energético limpio y sustentable en la minería. Por ejemplo, reduciendo el consumo*

de diésel” en el marco de la inauguración del proyecto que generó la primera molécula de hidrógeno verde para vehículos de faena minera (Ministerio de Energía, 2021). De esta manera, actualmente, se persigue incorporar el hidrógeno verde en equipos y procesos mineros, enfocado en aquellos difícil de electrificar como en el caso de camiones mineros de alto tonelaje, equipos móviles de minería subterránea y generación eléctrica de respaldo (H2 Chile, 2021).

En la región de Antofagasta, al menos cuatro proyectos esperan producir hidrógeno verde a fines de esta década, anunciados mediante la Asociación Chilena del Hidrógeno (H2 Chile) (Cabaña & Aedo, 2021).

4.2 Región Magallanes y de la Antártica Chilena, duodécima región administrativa

La Región de Magallanes, se ubica en el extremo sur del territorio nacional, y es la región de mayor superficie territorial de Chile, la cual abarca territorios sudamericano y antártico (BCN, 2022). Presenta diversos paisajes naturales, donde se entremezclan los bosques, los turbales, las praderas, las montañas, los glaciares, los fiordos, canales y mares; albergando cuatro zonas biogeográficas con 19 tipos de ecosistemas terrestres diferentes, de los cuales 15 son endémicos (Grez et al., 2020). Su diversidad climática fluctúa entre bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. Asimismo, el paisaje vegetal de la región está fuertemente influenciado por la distribución de las precipitaciones, presentando variaciones en sentido Este-Oeste (BCN, 2022). Cuenta con la mayor diversidad específica de mamíferos marinos de Chile, es hábitat de especies amenazadas como el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), el abejorro nativo (*Bombus dahlbomii*), y el canquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), junto a albergar los bosques más australes del mundo (Grez et al., 2020).

Magallanes se caracteriza por tener una gran cantidad de su territorio protegido en distintas figuras. En esta se encuentra más de la mitad de la superficie terrestre de Chile protegida por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), representando el 60% del territorio regional. Cuenta con Parques y Reservas Marinas, Áreas Marino-Costera Protegidas de Múltiples Usos (AMCP-MU), Sitios Ramsar, Reservas de la Biósfera, Bienes Nacionales Protegidos e iniciativas de conservación privadas. También, se resguardan glaciares, bosques siempreverdes y turbales, ecosistemas de gran valor para la regulación del clima, del agua y de los gases, situando a la región como clave en la mitigación del Cambio Climático en el mundo (Grez et al., 2020).

El sistema hidrográfico de la región se caracteriza por concentrarse al lado oriental o transandino, de manera que el sector occidental carece de cursos de agua (BCN, 2022). Desde el año 2015, se observa déficit de agua en la región que alcanza el 80% para el año 2021, entrando a la categoría “sequía extrema”, a partir de datos de la Dirección Meteorológica de Chile (Cortes, 2021), déficit que ha afectado mayormente a los ganaderos en la región (La Prensa Austral, 2022).

Es la región con menor tasa de pobreza multidimensional de hogares en Chile, lo que ha sido sostenido durante los años en los registros de la encuesta CASEN (Ministerio de Desarrollo Social, 2021).

Su población posee un consumo energético residencial basado principalmente en el gas natural (60,2%) (Cerdeira & Gonzalez, 2017). En cuanto al acceso a energía eléctrica, cerca de mil viviendas se encuentran sin acceso alguno, correspondiente al 1,8% de las viviendas de la región (Ministerio de Energía, 2019).

Las principales actividades productivas corresponden a la explotación de carbón, turismo, pesca y salmonicultura (Gobierno de Chile, 2013), lo que se relaciona con los conflictos socioambientales en la región. En cuanto a minería del carbón a gran escala, se destacan los casos del proyecto minero “El Tranquilo” en Puerto Natales o “Mina Invierno” en Isla Riesco (Ojeda, 2015; Simonetti-Grez & Stipicic, 2020). Por otra parte, la instalación de la industria salmonera, que ha aumentado en los últimos años, amenaza lugares que antiguamente pertenecían al pueblo kawésqar (FIMA, 2018; Friedlander et al., 2021). El Mapa de Conflictos Socioambientales del Instituto Nacional de Derechos Humanos sólo registra conflictos pertenecientes al área de minería, de los cuales todos vulneran el derecho al agua (INDH, 2018).

4.2.1. Intereses de la industria del hidrógeno verde en la región.

La Región de Magallanes posee condiciones climáticas, en particular, de viento las que permitirían dar un costo competitivo a la producción de hidrógeno verde, mediante el uso de energía eólica (Ministerio de energía, 2020). El Ministerio de Energía considera que la región podría sobrepasar en 7 veces la generación eléctrica actual de la matriz eléctrica chilena, de manera que podría llegar a producir el 13% del hidrógeno verde mundial, dado a su inmenso potencial de generación eléctrica eólica (Ministerio de Energía, 2021). Actualmente hay dos proyectos eólicos en Magallanes, que suman 12.9 MW instalados eólicos: Cabo Negro 2,55 MW y Vientos Patagónicos (Nuevo PE Cabo Negro) de 10,35 MW (Min. energía, 2021).

También, la zona presenta la experiencia petroquímica y portuaria necesarias para convertirse en generadora y exportadora de hidrógeno verde (Ministerio de

Energía, 2021). Esta Región es el centro nacional de las actividades de exploración y producción de yacimientos de hidrocarburos, donde la Empresa Nacional de Petróleo, ENAP, cuenta con operaciones de producción de gas y petróleo en el área del continente, isla Tierra del Fuego y Off Shore en el Estrecho de Magallanes (Ministerio de Energía, 2019).

Otro factor favorecedor para la implementación de la industria es su cercanía al Puerto Laredo y Puerto Mardones. Estos están siendo evaluados para su reestructuración y generación de nueva infraestructura, al igual que los puertos de la región de Antofagasta (Ministerio de Energía, 2022).

Se han anunciado cuatro proyectos en la región (Ministerio de Energía, 2021). Destaca el proyecto Haru Oni, la cual producirá combustible ecológico, a partir de energía eólica propia del sector, y que se encuentra en fase de construcción. Sin embargo, este no es el único proyecto contemplado en la Región de Magallanes, también se han anunciado: *NH Energy* de Austria Energy, que pretende producir Amoníaco Verde para exportación y *H2 Magallanes* de la empresa Total Eren, el cual es el proyecto más grande de Hidrógeno Verde en Chile, y pretende su emplazamiento en la comuna de San Gregorio (Ministerio de Energía, 2021).

5. Proyectos concretos en Chile

Se analizan a profundidad dos proyectos representativos de la iniciativa de hidrógeno verde bajo análisis, uno de estos a ubicarse en la región de Antofagasta, y el otro en Región de Magallanes. Los proyectos bajo estudio se describen a continuación.

Tabla 4. Se describen los principales detalles de los dos proyectos bajo análisis: Hyex (Segunda región, Antofagasta) y Haru Oni (Duodécima región, Magallanes y Antártica Chilena), y características asociadas a su evaluación ambiental. Entiéndase DIA como Declaración de Impacto Ambiental, y EIA como Evaluación de Impacto ambiental. Ambas correspondientes al sistema del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Nombre del proyecto	Titular	Región a ubicar	Servicio de Evaluación ambiental		
			Evaluación ambiental: DIA o EIA	Fecha de ingreso	Estado actual del proyecto
Haru Oni	Highly Innovative Fuels (HIF)	Duodécima	DIA	20/11/2020	Aprobado
HyEx	ENGIE LATAM S.A.	Segunda	DIA	23/08/2021	Aprobado

5.1 Haru Oni de Highly Innovative Fuels (HIF)

Proyecto Haru Oni de Highly Innovative Fuels (HIF Spa), es también llamado “Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral” para su proceso de evaluación en el Servicio de Evaluación Ambiental. Se ubica en la comuna de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica Chilena. Fue ingresado al Sistema de Evaluación Ambiental en fecha 20 de noviembre de 2020, mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), por tipología k1, correspondiente a “Instalaciones fabriles sobre 2.000 KVA”. Posteriormente fue aprobado en 18 de mayo de 2021 (SEIA, 2021). Inició la construcción de obra el 10 de septiembre de 2021, y pretende su funcionamiento para segundo semestre de 2022 (OLCA, 2021; Carrillo, 2022). Este proyecto es el más grande de su tipo en América Latina y uno de los primeros a nivel mundial (OLCA, 2021).

El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta química para la producción de Hidrógeno Verde (H₂), metanol (CH₃OH) y gasolina mediante dióxido de carbono (CO₂) obtenido desde el aire (HIF, 2020).

5.1.1. Tecnologías y procesos

Para la producción de metanol crudo se consideran tres fases del proyecto: La captura de dióxido de carbono atmosférico, luego obtención de hidrógeno mediante la electrólisis de agua —obtenida de un pozo y tratada a través de un proceso de desmineralización—, y finalmente, la síntesis del metanol a partir del dióxido de carbono e hidrógeno obtenido previamente.

Este metanol crudo es enviado a una planta de destilación, para finalmente almacenarlo como metanol. De esto, una parte se mantiene como producto final, y otra parte se transforma en gasolina.

De metanol a gasolina (MtG) es un proceso que consta de tres etapas principales: la transformación de metanol a gasolina, el fraccionamiento de la gasolina cruda en la Planta de Fraccionamiento y finalmente el Hidrotratamiento. La gasolina producida es guardada en el estanque de almacenamiento.

Finalmente, el metanol y la gasolina, almacenados en estanques de aproximadamente 77 m³ y 57 m³ respectivamente, serán transportados en camiones con isotanques hacia Puerto Mardones, a 35 km del Proyecto aproximadamente.

La Planta poseerá una capacidad de producción estimada de 3,9 t/día de metanol crudo, los cuales serán destilados para producir aproximadamente 2,5 t/día de metanol, de los cuales hasta 2,1 t/día serán destinados para la producción de 0,7 t/día de gasolina.



Figura 2. Representación del electrolizador PEM de Siemens (HIF Spa, 2020)

El Sistema de Electrólisis de Agua corresponde a un equipo de tecnología PEM (HIF Spa, 2020).

5.1.2. Territorio y demanda energética

La Planta se emplaza en una superficie aproximada de 3,7 ha, dentro del predio Tehuel Aike ubicado en la comuna de Punta Arenas, y ocupará una superficie total de 5,7 ha (HIF Spa, 2020).

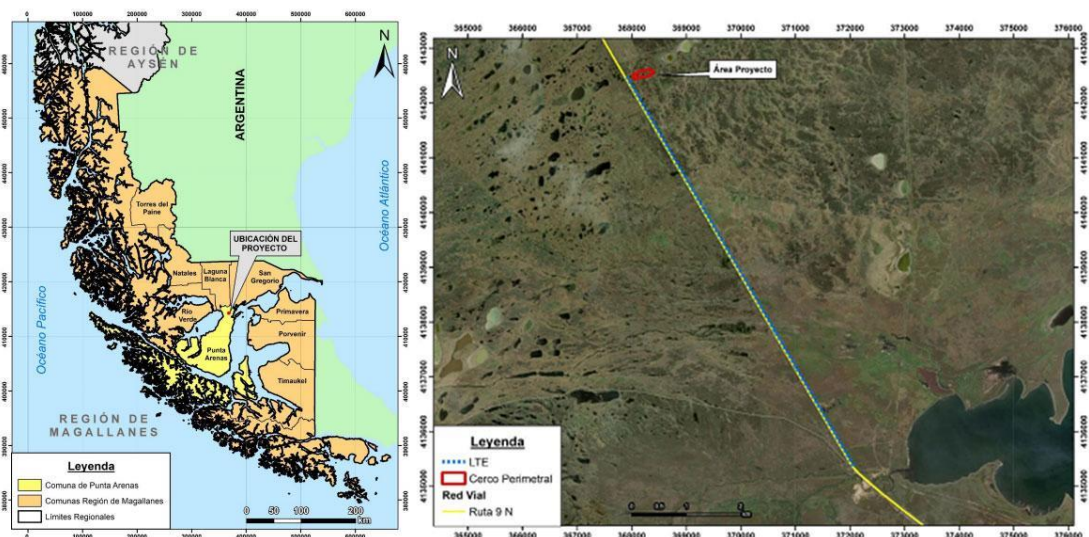


Figura 3. Representación geográfica del proyecto. A la izquierda, se ilustra la ubicación con respecto a la distribución comunal de la región. A la derecha, se observa el área del proyecto y su Línea de Transmisión Eléctrica para suministro eléctrico de respaldo (LTE) (HIF Spa, 2020)

El proyecto considera un aerogenerador cuya potencia máxima es de 3,4 MW, que se ubicará a un costado de la Planta y proporcionará la energía eléctrica a todas las instalaciones. Adicionalmente, se contempla una conexión —considerada “de respaldo”— al Sistema Eléctrico de Magallanes mediante una Línea de Transmisión Eléctrica de media tensión (13 kV) de 8,8 km de extensión desde su punto de conexión hasta la Planta (HIF Spa, 2020).

5.1.3. Agua y otros aspectos de materia ambiental

El agua a utilizar corresponde a agua dulce, extraída mediante pozo, y tratada mediante desmineralización. El proyecto también requiere de suministro externo de agua desmineralizada a partir de fuentes autorizadas (HIF Spa, 2020).

El requerimiento de agua máximo del Proyecto se presenta durante su fase de operación, con un consumo de 1,5 m³/h (HIF Spa, 2020). Agua que será extraída a partir de un pozo ubicado a 300 m de la planta, que además de suministrar los procesos, también lo hará para el sistema de incendios e instalaciones sanitarias. Sin

embargo, dado que el caudal entregado por el pozo profundo no es suficiente para suplir los requerimientos del proyecto, esta diferencia deberá ser suministrada de una fuente autorizada, abasteciendo a la planta mediante camión aljibe (SEA, 2021).

En cuanto a impactos ambientales, el titular declara, que “la extracción de agua del pozo no afectará los niveles superficiales de escurrimiento, no provocará desbalance hídrico”. El Proyecto no contempla la descarga de ningún contaminante sobre el agua. Tampoco consideran dentro del área de influencia ríos o lagunas que pudieran verse afectados (SEA, 2021). No se encuentra mención ninguna en torno a crisis hídrica o sequía en su Resolución de Calificación Ambiental (RCA), Declaración de Impacto Ambiental, ni prensa asociada al titular ni al proyecto.

Por otra parte, también se declara que el proyecto no se encuentra en cercanía a ninguna área protegida, y que los dos Sitios Prioritarios más cercanos al proyecto se encuentran a más de 25 km de distancia (SEA, 2021).

5.1.4. Proyecciones locales y globales, ¿hacia dónde se dirige la producción?

En cuanto a proyecciones locales se menciona que sus características permiten “crecimiento y expansión sostenible y sustentable de la actividad minera-energética”, lo que se vincula con la Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, 2012 - 2020 (HIF Spa, 2020). Sin embargo, en esta zona existen una serie de políticas de planes y desarrollo regional y comunal, de los cuales, el proyecto declara no vincularse con ellas, manifestando “no interferencia” de estas.

La localización del proyecto se justifica técnica y ambientalmente, por ser un sector favorable para su implementación y que además, no presenta características que dificulten su ejecución. Ambientalmente, por las características climáticas de la

zona, propicio para la generación eléctrica mediante aerogenerador, y técnico, por su cercanía a los puertos: Puerto Laredo y Puerto Mardones, a 16 y 35 km de distancia, respectivamente, por la Ruta 9. Además se considera que Puerto Laredo cuenta con la infraestructura para la recepción de los equipos y materiales de la Fase de Construcción y el Puerto Mardones cuenta con la infraestructura para el manejo y exportación de los productos generados (metanol y gasolina).

Estos productos finales se proyectan en exportación hacia Alemania, habiéndose comprometido la compra de la totalidad de los e-Combustibles por la empresa alemana fabricante de automóviles de lujo y alta gama: Porsche (HIF, 2020). Lo que se reafirma en las declaraciones de Armin Schnettler, vicepresidente ejecutivo de Siemens Energy, el cual comentó que el proyecto “hará una importante contribución a la descarbonización del sector transporte y para alcanzar las metas climáticas en la Unión Europea y Alemania” (Revista EI, 2020).

5.1.5. Sobre titular, origen, alianzas y otros antecedentes

HIF SPA es una empresa que opera principalmente en el sector Petroquímicos, Energía Eléctrica, Petróleo y Gas (HIF, 2022). Posee presencia en Australia y EEUU, además de Chile. También declaran que “Daremos vuelta el mundo con un combustible neutro en emisiones de CO₂ que produciremos inicialmente desde la región de Magallanes, en el extremo sur de Chile” (HIF, 2022).

HIF es una filial de Andes Mining and Energy (AME), “cuya misión es trabajar por la descarbonización del planeta para sanarlo” (HIF, 2022), Y en efecto, el presidente de Highly Innovative Fuels, Cesar Norton Sacre, también es presidente y fundador de Andes Mining and Energy (AME). AME es una empresa generadora de energía de origen chileno, la cual inició sus actividades en Chile y Perú en el año

2008. AME tiene entre sus proyectos: la central termoeléctrica El Campesino — central de generación de electricidad en base a gas natural que se emplazará en Bulnes (Región de Ñuble, Chile)—, contra la que se han resistido comunidades campesinas del sector (Badal, 2016; O’Ryan & Leiva, 2019; OLCA, 2021).

Otros socios, además de AME, son: Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), Enel Green Power, Porsche y Siemens Energy. Porsche aportó sus conocimientos de investigación para el desarrollo del piloto y una inversión de 75 millones de dólares para HIF Global LLC., junto a comprometer la compra de todos los *e-Combustibles* producidos por HIF. Enel Green Power, uno de los mayores productores de energía renovable de América Latina, participará en la generación de energía eólica y producción de hidrógeno. La empresa petrolera nacional, ENAP, será parte de la logística y mantenimiento. Mediante Siemens Energy, el gobierno alemán realiza un aporte financiero —alrededor de 8 millones de euros— para el desarrollo de la planta piloto (HIF, 2020; Mandel, 2021; Porsche Newsroom, 2022).

Siemens Gamesa Renewable Energy —parte de Siemens Energy Global—, no sólo se encuentra posicionado como el segundo mayor productor mundial de aerogeneradores, siendo el tercer mayor productor de aerogeneradores terrestres (produce el 12,97% de los aerogeneradores terrestres al 2019), sino que a su vez se destaca por ser el mayor productor de aerogeneradores marinos (39,77% del total de producción de aerogeneradores marinos al 2019) (GWEC, 2020).

El titular HIF informó que el proyecto “se basará en la experiencia de proveedores de tecnología de punta y proveedores de todo el mundo.” Y así mismo, Global Thermostat —empresa Estadounidense— proporcionará el equipo para la extracción de dióxido de carbono directamente del aire (Global Thermostat, 2021). El proceso de producción de metanol se basará en un diseño de Johnson Matthey —

empresa multinacional británica de químicos especializados y tecnologías sostenibles—, y su conversión en gasolina utilizará tecnología con licencia de ExxonMobil —empresa petrolera estadounidense— (Mandel, 2021). Lo correspondiente a ingeniería y construcción de la planta que convierte metanol a *eCombustibles*, será proporcionado por Sinopec Engineering (Group) Ltd —empresa china— (HIF, 2020).

Por otra parte, el banco chileno, BCI, dispondrá de una línea de financiamiento (HIF, 2020).

5.2 HyEx de Engie Latam

El Proyecto HyEx, perteneciente a Engie y ENAEX, corresponde a una planta de producción de Hidrógeno verde y Amoniaco verde respectivamente. Se ejecuta en Tocopilla, Región de Antofagasta (H2 Chile, 2022).

Para su calificación ambiental, los titulares declararon proyectos independientes, pese a estar ubicados de forma adyacente y exponer en múltiples ocasiones trabajar en colaboración por un mismo proyecto (H2 Chile, 2020; ENAEX, 2022). ENGIE LATAM S.A. facilita la Declaración de Impacto Ambiental llamada “HyEx - Producción de Hidrógeno Verde”, mientras que ENAEX una que se titula “HyEx - Síntesis de Amoniaco Verde”, ambos en la misma fecha, 23 de agosto de 2021, al Servicio de Evaluación Ambiental. A su vez, ambos proyectos se diferencian en su tipología, siendo el primero de tipo j.2, correspondiente a “Gasoductos”, y el segundo de tipo ñ1, es decir, “Producción, disposición o reutilización de sustancias tóxicas” (ENGIE LATAM S.A., 2021). Para efectos de este trabajo, se analiza principalmente el proyecto bajo la gestión de ENGIE, por corresponder a producción

de Hidrógeno Verde, sin embargo se profundiza en la relación y vínculo del proyecto con el de ENAEX cuando es respectivo.

Dentro de los objetivos del proyecto se identifican el apoyo a la transición energética y meta del estado chileno a alcanzar la carbono neutralidad para el año 2050, acorde a los lineamientos pactados en la COP21 en el año 2015 ("Conference of the Parties") (ENGIE LATAM S.A., 2021).

5.2.1. Tecnologías y procesos

Comienza con la llegada de agua desmineralizada a las instalaciones por medio de camiones aljibes (de $30 m^3$ de capacidad aproximada). Esta será almacenada en estanques con una capacidad aproximada de $420 m^3$, lo que permite funcionamiento 3 días sin suministro externo.

Desde su estanque, el agua desmineralizada es bombeada al circuito de lejía, pasando por un sistema de filtrado que elimina cualquier partícula sólida que contenga como producto de su traslado y almacenamientos, ingresando así al sistema de electrólisis.

En el electrolizador, es separada en dos flujos gaseosos: hidrógeno y oxígeno (O₂). Ambos gases son recolectados por separado en un cabezal que une las celdas electrolíticas del electrolizador. Cada corriente de gas ingresa a un separador líquido-gas, donde se remueven las trazas de lejía. Esta última regresa al sistema para su reutilización, el O₂ es liberado a la atmósfera y el H₂ es dirigido a una etapa de purificación.

La purificación del H₂ se realiza por un sistema de desoxigenación o DE-OXO, en donde por medio de un catalizador y energía, el oxígeno remanente en él es recombinado con parte del H₂ para formar vapor de agua. Esta mezcla de H₂ y

vapor de agua es dirigida hacia un sistema de secado en donde se separa el contenido de agua de la corriente de H₂. Una vez finalizada esta etapa, el H₂ alcanza una pureza aproximada de 99,9%.

La planta operará durante 20 horas al día. Sin embargo, con el fin de producir y suministrar H₂ las 24 horas del día, se considera un sistema de compresión y almacenamiento, el cual permitirá suministrar H₂ perpetuamente, sin que necesariamente la operación del proceso de electrólisis sea continua. Finalmente, el Proyecto considera una producción de unas 9,3 toneladas de H₂ al día (ENGIE LATAM S.A., 2021). El diseño del sistema de compresión y almacenamiento se basa en compresores de diafragma, ubicados anexos al edificio de electrólisis, y para su almacenamiento, un rack de cilindros (ENGIE LATAM S.A., 2021).

Este gas hidrógeno producido será de uso exclusivo para la producción de Amoníaco Verde en la planta de producción adyacente al Proyecto perteneciente al titular ENAEX. Esto con la finalidad de abastecer a la actual planta de producción de Nitrato de Amonio de ENAEX en Mejillones, el que es utilizado en minería (SEA, 2022).



Figura 4. Electrolizador alcalino representativo, es decir, de similares características será utilizado para el proyecto. La planta contará con 5 equipos de tecnología alcalina con una capacidad estimada de 5 MW cada uno (ENGIE LATAM S.A., 2021)

5.2.2. Territorio y demanda energética

La planta se emplaza a 25 km aproximadamente de la ciudad de Tocopilla, dentro de terrenos pertenecientes al titular ENGIE, donde además se ubica la Central Diesel Tamaya —Central Termoeléctrica a base de petróleo, perteneciente a Engie Energía Chile S.A.— (H2 Chile, 2022; ENGIE LATAM S.A., 2021; Engie S.A., 2014). Tendrá una superficie de 2,9 ha total, de las cuales 1,46 ha corresponden únicamente a la Planta Producción Hidrógeno Verde, mientras que la planta de producción de Amoníaco Verde suman otras 1,45 ha (ENAEX, 2021). Por lo tanto, ambos proyectos hacen una suma de 4,35 ha.

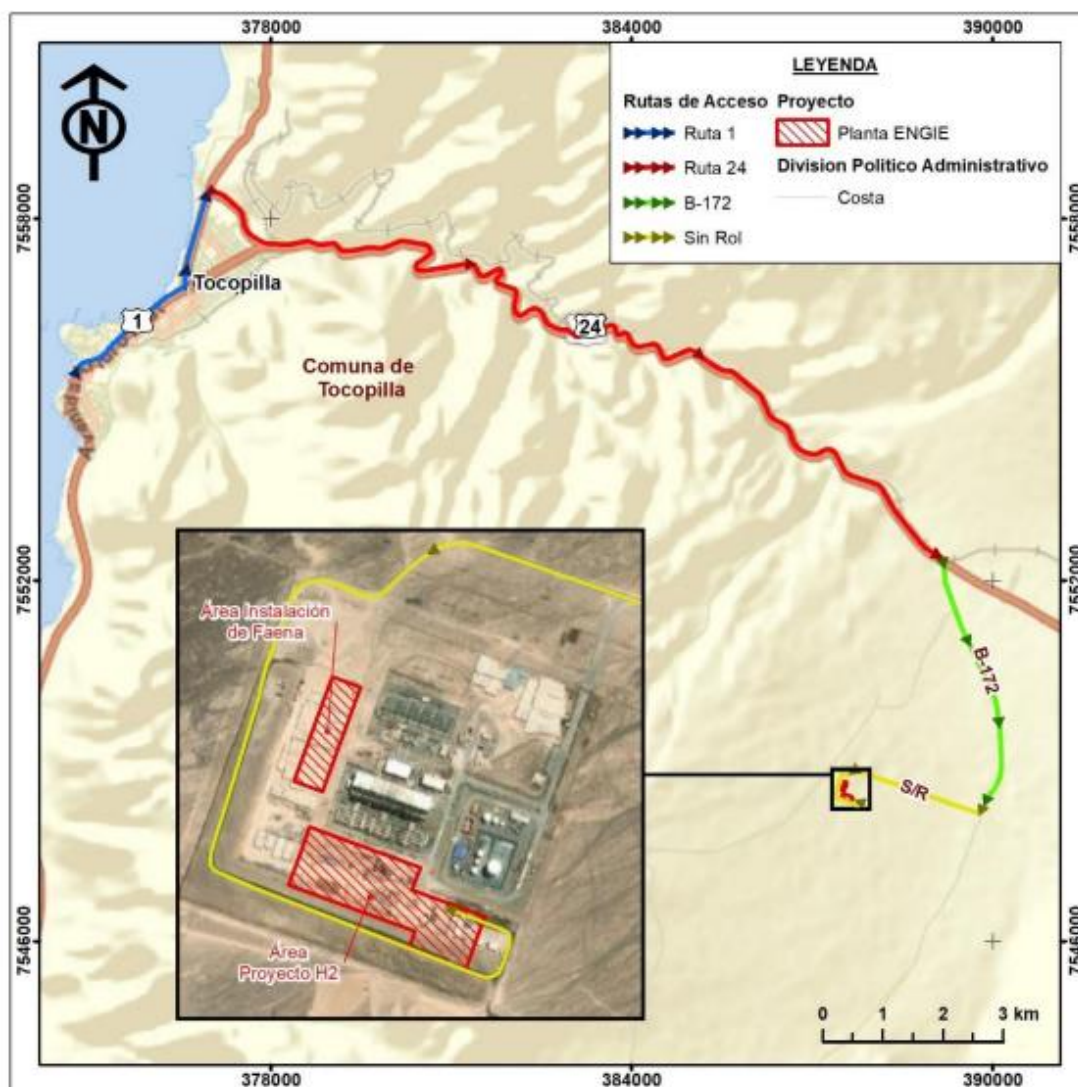


Figura 5. Representación geográfica del proyecto (ENGIE LATAM S.A., 2021)

Su localización se basó en la alta disponibilidad de recurso solar en la zona para proveerla de energía eléctrica renovable, sin embargo el suministro eléctrico para alimentar el Proyecto provendrá de una conexión con la subestación Tamaya (110/33 kV) —correspondiente a una fuente ya existente del Complejo Industrial Tamaya—, mediante una zanja con cableado soterrado, la cual se encuentra a unos 150 m al norte del Proyecto (ENGIE LATAM S.A., 2021; Engie S.A., 2022).

5.2.3. Agua y otros aspectos de materia ambiental

La fuente de agua desmineralizada provendrá de la Central Térmica Tocopilla² —de propiedad de Engie— mediante camiones aljibes (H2 Chile, 2022). Esta abastece la producción de Hidrógeno, y a su vez, el sistema de enfriamiento, sistema contra incendios, y otros servicios de mantenimiento (ENGIE LATAM S.A., 2021).

Para la operación de las instalaciones del Proyecto se estima un consumo total aproximado de 66.300 m^3 /año entre agua desmineralizada e industrial, considerándose como consumos continuos la electrólisis, e intermitentes la reposición de agua en los sistemas de enfriamiento o red contra incendios (ENGIE LATAM S.A., 2021).

En cuanto a impactos ambientales, el titular declara, que “el Proyecto no considera la extracción o explotación de recursos naturales para satisfacer las necesidades del Proyecto” (ENGIE LATAM S.A., 2021).

5.2.4. Proyecciones locales y globales, ¿hacia dónde se dirige la producción?

El proyecto se considera acorde al plan Regional de Desarrollo Urbano de Antofagasta, Estrategia Regional de Desarrollo región de Antofagasta, Política Ambiental de la Región de Antofagasta, Plan Regional de Gobierno: Región de Antofagasta 2018 – 2022 por sus características “sustentables” y por su generación de empleo (Engie, 2021; Engie, 2021).

² Es importante mencionar que la Central Térmica Tocopilla, cerró recientemente la última unidad de carbón, en Octubre del 2022, en la actualidad es una planta de gas natural (Ministerio de Energía, 2022).

La localización del proyecto se justifica técnica y ambientalmente, por emplazarse en una zona con disponibilidad de recurso solar, lo que puede proveer energía renovable, y por su cercanía a la Central Térmica Tocopilla, desde donde se suministrará el agua.

Además, la ubicación es estratégica para la administración del producto para la producción de amoníaco verde (ENGIE LATAM S.A., 2021). El total producido de hidrógeno va dirigido hacia la planta adyacente perteneciente al titular ENAEX, donde toma forma de Amoníaco Verde, para uso de explosivos el cual tendría un destino hacia la minería nacional e internacional (ENGIE LATAM S.A., 2021).

5.1.5. Sobre titular, alianzas y otros antecedentes

ENGIE LATAM S.A. (ENGIE Latinoamérica) es una empresa que opera principalmente en el sector Energía Eléctrica (Engie Latam S.A., 2022). Posee presencia en Chile, México, Perú, Colombia y Argentina (ENGIE Latinoamérica, 2022).

ENGIE Latinoamérica a su vez pertenece a ENGIE S.A., que es la segunda empresa más grande de servicios públicos a nivel global. ENGIE S.A. —antes GDF Suez SA—, es una empresa multinacional de origen francés perteneciente al sector energético, que declara como objetivo estar “comprometidos a acelerar la transición hacia un mundo neutral en carbono, a través de un menor consumo de energía y soluciones más respetuosas con el medio ambiente.” (ENGIE, 2022). Su presencia se extiende por cerca de 70 países en los 5 continentes. En Latinoamérica, tiene una cartera de parques eólicos, proyectos solares, y también participa en el sector hidroeléctrico, proyectos de energía geotérmica, de biomasa y otros (ENGIE S.A., 2022).

ENGIE es el accionista controlador de la filial ENGIE Energía Chile S.A. -con el 59,99% del capital- (ENGIE, 2022). Con 100 años de actividad en el país, posee proyectos emblemáticos como Central Térmica Tocopilla (1915), Complejo Térmico Mejillones (1996), Terminal de Regasificación de Gas Natural a licuado GNML (2010) y Transmisor Eléctrica del Norte (2017).

Engie comprometió el cierre del total de sus centrales a carbón para 2025, de las cuales dos cesaron su funcionamiento en el año 2019 —en el marco del Plan de Descarbonización del gobierno de Sebastian Piñera—, ambas ubicadas en Tocopilla (ENGIE, 2019, 2022). Compromisos contradictorios si se considera que la empresa había abierto semanas anteriores una nueva central en Mejillones, Región de Antofagasta, de mayor capacidad y consumo que las dos que cerraban. Lo que, a su vez, se emplaza en la zona de Mejillones, Tocopilla y Huasco, comunas que cuentan con mayores índices de cáncer de pulmón a nivel nacional (Fajardo, 2019).

En la actualidad, la compañía está construyendo en el norte del país proyectos eólicos y solares, es decir, que se relacionan con las materialidades requeridas para la producción de hidrógeno verde, las cuales son: el Parque Eólico Calama y las plantas solares Capricornio (Antofagasta), Tamaya (Tocopilla) y Coya (María Elena) (ENGIE, 2021).

Existen asociaciones ligadas a ENGIE y al proyecto como el consorcio Hydra, de carácter internacional, el cual tiene como propósito el uso del hidrógeno en la minería. El primer proyecto de Hydra busca desarrollar un tren de potencia capaz de operar con energía verde en vehículos mineros, reemplazando el diesel requerido. Este está conformado por ENGIE, Mining3 —organización de carácter global, proveniente de Australia, dedicada a la investigación para innovación de la industria minera—, Antofagasta Minerals —grupo minero internacional, con sede en Chile y es

uno de los diez mayores productores de cobre del mundo, cuyo fundador es Andronico Luksic Abaroa—, Thiess —empresa internacional de servicios de minería con sede en Australia—, Ballard Power Systems —desarrollador y fabricante de productos de celdas de combustible de membrana de intercambio de protones, cuya central está en Canadá—, Hexagon Purus —profesionales de combustibles alternativos para vehículos eléctricos de pila de combustible y eléctricos de batería, ubicados en Noruega—, Reborn Electric Motors SpA —empresa enfocada en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la movilidad eléctrica pesada, Chile—, entre otros. (Engie, 2022; H2 Chile, 2022; Engie Chile, 2021; A. Minerals, 2022; Thiess, 2022; Ballard, 2022; Hexagon Purus, 2022; Reborn Electric, 2022)

Otro actor empresarial involucrado es la empresa ENAEX, quienes persiguen la concreción del proyecto, pues el concepto de este es producir hidrógeno que alimentará una nueva planta de producción de amoníaco perteneciente a ENAEX. Esta podría llegar a producir productos explosivos bajo en carbono para ofrecer a toda la industria minera a nivel global. Este amoníaco verde se utilizaría para la alimentación de la planta Prillex de ENAEX, el mayor complejo de producción de nitrato de amonio de grado explosivo en el mundo, ubicada en la comuna de Mejillones, en la Región de Antofagasta (Engie Chile, 2021; ENAEX, 2022).

Tanto Engie como ENAEX poseen proyectos en la región donde se ejecuta el proyecto HyEx, los que han presentado problemáticas para los ecosistemas y comunidades de la misma. La contaminación atmosférica por emisión de termoeléctricas del titular Engie en Tocopilla y Mejillones, mientras que ENAEX, con sus varios episodios de intoxicación por gases y despidos de dirigentes sindicales en Mejillones (San Román, 2022; Del Río, 2021).

Discusión

La búsqueda de la transición energética es un esfuerzo de escala global, vinculado a los compromisos contraídos en el Acuerdo de París (2015), que las naciones pactan por la carbono neutralidad para 2050. En este marco también se encuentra Chile, incluso si es un país que contribuye sólo con el 0,3% de las emisiones globales (Ministerio de Energía, 2020).

El hidrógeno verde se presenta como un producto ideal para alcanzar las metas de descarbonización de la matriz energética, donde cumple un rol esencial dentro del mismo Plan de Transición Energética de Chile (Ministerio de Energía, 2022). En estas propuestas, se reduce el problema de la crisis climática meramente al aspecto energético, de manera que se apuesta por los cambios tecnológicos que permiten producir y usar energía sin emisiones como la clave y solución para esto. Sin embargo, a escala global, la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra causan casi una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano. Así, la expansión agraria ha conllevado una degradación de todos los ecosistemas, mediante la expansión de monocultivos, lo que contribuye a la reducción de la biodiversidad, la sobrepesca, la contaminación por fertilizantes y pesticidas, la deforestación, o el acaparamiento de tierras, entre otros fenómenos asociados (Svampa, 2022). Entonces, es necesario entender las nuevas propuestas en torno a energía como una parte, y apenas un paso por la mejoría del estado de crisis climática actual.

Al analizar las tecnologías y materialidades requeridas en el proceso, se puede decir que en general y en su mayoría se encuentran en desarrollo y requieren de mejoramientos para aumentar su eficiencia, en algunos casos —como los

electrolizadores— se requieren avances para la reducción de costos. Este no es el caso, para las tecnologías eólica y solar, que son variadas y avanzadas debido a sus años de vigencia.

Las tecnologías de almacenamiento y transporte son mutuamente dependientes si consideramos que las características de la industria en el sector nacional, en la realidad chilena, apunta a la lógica de distribución a partir de una planta central de gran escala. De manera que la búsqueda de soluciones se podría centrar en estas etapas de los procesos de la industria, donde el formato de portador químico, en su forma de amoníaco, parece ser la opción viable existente, como portador de energía lo que evita las principales dificultades y costes de almacenamiento y transporte de H₂ gaseoso (Armijo & Philibert, 2020; Jiménez, 2020). El amoníaco es un producto químico utilizable directamente, con un mercado existente, en la agricultura y otros usos, como la industria de explosivos para la minería en Chile, con tecnologías de transporte y almacenamiento ya funcionales y presentes en todo el mundo. Esto se ve reflejado en el proyecto de HyEx de Engie Latam (R. de Antofagasta), donde el total del producto de hidrógeno verde termina en un siguiente paso productivo como Amoníaco Verde, para la producción del titular ENAEX, el cual tiene una orientación de producción hacia la minería nacional e internacional (SEA, 2022; ENGIE LATAM S.A., 2021). Por otro lado, también se conocen las intenciones del proyecto NH Energy de Austria Energy (a situarse en R. de Magallanes), que pretende producir amoníaco verde para exportación (Ministerio de Energía, 2021).

Sin embargo, al analizar la materialidad y tecnologías requeridas para desarrollar la industria del hidrógeno verde, es posible identificar que la huella material no sólo se encuentra en la obtención de estas tecnologías e insumos, los

electrolizadores, o la energía requerida en el proceso, sino también en el consumo de agua dulce o desalinizada, y las fuentes a las que se recurrirá para su obtención —como desaladoras o de proveniencia directa de agua dulce—. A su vez, se debe considerar el terreno y espacialidad que requiere, no sólo de la industria misma, sino la implicada, como las que proveen energías —eólica y solar—. De esta manera, se necesita de forma urgente que ésta —y toda política de descarbonización y transición energética— explicita las implicancias e impacto de la industria sobre toda su complejidad social y ambiental.

En este trabajo se levantaron tres críticas y controversias que se consideran las más recurrentes y de prioridad para efectos de la realidad de la región nacional chilena: Los altos requerimientos de agua, la producción enfocada a mercados globales y la alta demanda energética que implica reconfiguración de territorio.

Las críticas y controversias de la industria aplicadas sobre los proyectos Hyex (R. Antofagasta) y Haru Oni (R. Magallanes) en la realidad nacional chilena

El Estado³ vende la promesa del enorme potencial de Chile —en cantidad y calidad— para producir energías renovables, incluso apostando a desarrollar 80 veces la capacidad de generación eléctrica que la actual bajo un discurso de bienestar país (Ministerio de Energía, 2022), desconociendo que los esfuerzos iniciales de la industria promueven o apuntan hacia la generación de nuevos

³ Considerando la estrategia de hidrógeno verde como una política de Estado iniciada por un primer gobierno de centro derecha, de Sebastian Piñera, y continuada sin objeciones por un gobierno de centro izquierda, al mandato de la figura de Gabriel Boric (OLCA, 2022).

productos de exportación, y así mismo ocurre para los proyectos revisados. Hyex de ENGIE Latam, dirige el total de su producción a la generación de Amoniaco Verde para uso de explosivos cuyo destino es la minería nacional e internacional (ENGIE LATAM S.A., 2021), mientras que Haru Oni de Highly Innovative Fuels proyecta el total de su producción para Alemania como e-Combustible (HIF, 2020).

La representación del hidrógeno verde como “el nuevo cobre” promueve una identidad productiva nacional, junto a sostener un imaginario de crecimiento económico, y puede a su vez mantener dinámicas de explotación y expoliación con las que Chile está familiarizado (Cabaña & Aedo, 2021). En el particular de las regiones de Antofagasta y Magallanes, la primera está marcada por su historia minera, que la ha llevado a la crisis hídrica en la que se encuentra hoy (Arriaza & Galaz-Mandakovic, 2020), y por otra parte, la segunda, con conflictos también de carácter minero principalmente (INDH, 2018).

El agua es un bien escaso a nivel nacional, reconociéndose un 72% del territorio en algún grado de sequía (CONAF, 2016). Y en el caso de las regiones de Antofagasta y Magallanes, donde se comienzan a erigir y ejecutar los proyectos de Hyex y Haru Oni, poseen ambas una historia de escasez y conflictos en torno al agua (Arriaza & Galaz-Mandakovic, 2020; GORE, 2018; INDH, 2018; La Prensa Austral, 2022). Por lo tanto, es curioso sino dramático destacar que en la presentación de los proyectos, el agua como materia prima, y por tanto, esencial para la ejecución de estos, es apenas mencionado, no ocupa un lugar protagónico a la hora de proponer y defender el proyecto por parte de los titulares, sino que se reduce al aspecto técnico y a la extracción u obtención de esta —agua de pozo, en el caso de Haru Oni; y de la Central Térmica Tocopilla para Hyex—. Para ambos casos, la mención del estado crítico de sequía de la región en la que se emplazan es nula. Y si bien el titular

defiende la viabilidad técnica de su proyecto, cabe preguntarse, qué rol cumple el Servicio de Evaluación Ambiental, si realmente resguarda de manera eficiente el medio ambiente y vela por la protección de la ciudadanía, al aprobar proyectos que recurren a fuentes de agua dulce en zonas donde ya es crítica la obtención de este para el consumo y la reproducción de la vida.

También deja entrever que la legalidad hoy no protege el agua como bien común y esencial, donde bajo la vigencia de la normativa actual constitucional, el acceso a esta se reduce a un permiso de “derecho de aprovechamiento de agua”. Esto también se refleja en los proyectos, los cuales declaran que sus fuentes de agua son de pozo desmineralizada y otras fuentes externas autorizadas para Haru Oni, y agua desmineralizada proveniente de la Central Térmica Tocopilla para Hyex. Así mismo, hay voces que defienden esta normativa actual en pos del desarrollo de la industria. “Se debe evitar que la normativa impida el desarrollo de la industria, por lo cual no debiera declararse al hidrógeno verde ni el agua desalada como bienes nacionales de uso público. (...) Por otra parte, tampoco debieran establecerse usos preferentes o prioritarios al agua desalada”, son lo dichos de Agustín Walker del Río, abogado Universidad de Chile, que en el marco de XXI Jornadas de Derecho de Energía UC (Revista EI, 2021; Walker, 2021) declaró que para conveniencia de la industria es necesario postergar el reconocimiento del agua como bien común y de derecho humano. Al contrario, el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) advierte que estas políticas continuarán perpetuando procesos de privatización y mercantilización de las aguas (Cuenca, 2021).

La gran demanda energética que requiere la ejecución de esta industria, y que debe ser de carácter renovable, en sus formas eólica y solar, ya ha marcado una pauta en su desarrollo, donde las energías renovables han superado al carbón por

primera vez en Chile este 2022. Lo que deja entrever las razones que movilizan grandes esfuerzos tecnológicos y de innovación, en una alianza estado-empresarial. Esto deja expectativa sobre cuántos de estos esfuerzos realmente tendrán alcance en el bienestar de los comunes, bajo un reconocido escenario de inequidad energética a nivel nacional, donde el acceso a esta ya es diferenciado (Cerdeira & Gonzalez, 2017; Ministerio de Energía, 2019). En la línea de esta discusión, Guido Kusanovic, presidente del gremio Sindicato de Profesionales de ENAP declara que “el acceso a una energía limpia y de menor costo debe llegar a todos los sectores y comunidades del país. No pueden existir ciudadanos de primera o segunda categoría. En Magallanes, insistimos en construir una solución energética para la comuna de Cabo de Hornos, en Puerto Williams, donde hoy se siguen quemando bosques subantárticos, un ecosistema único, verdadero patrimonio de la humanidad. En definitiva, lo que queremos transmitir es que nuestra empresa —ENAP— debe retomar su rol estratégico y no temer a los desafíos que impone una sociedad que clama bienestar, energías limpias y justicia social” (Oyarzo, 2022).

Estas nuevas presiones, que son de alta densidad, por buscar compensar la potencia que hoy proveen los combustibles fósiles, genera nuevas demandas no sólo energéticas, sino territoriales, lo que puede generar una nueva disputa por la tierra, esta vez, con “fines ambientales” (Hermele, 2012; Rignall, 2016; Brannstrom et al., 2017). En la Región de Magallanes está ocurriendo una “migración masiva de ejecutivos de empresas, consultores y desarrolladores, anuncios de ingreso de diversos proyectos a evaluación ambiental, especulación —tanto por compra como por arriendo— en el precio de las estancias, e intención de levantar puertos en la región que permitan exportar hidrógeno verde al mundo”, como nuevas presiones sobre este territorio, atestiguado por científicos, profesionales y activistas que

enviaron una carta al actual Presidente Gabriel Boric Font (CODEFF, 2022). A su vez, acorde a lo registrado por el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, ya existen nuevas resistencias territoriales en las regiones del Bío Bío, La Araucanía, sectores de Mulchén y Los Ángeles, ligado al desarrollo de proyectos eólicos, y por otra parte, en el archipiélago de Chiloé debido a múltiples proyectos energéticos entre los que se encuentran el “Parque Eólico Chiloé”, “Línea de alta tensión 500 kV Tineo-Ancud”, “Parque eólico en Alcaldeo”, “Parque eólico San Pedro” —de propiedad de Engie, mismo titular del proyecto Hyex—, entre otros (Contreras, 2022; OLCA, 2022; Moya, 2022).

De esta manera, pensar sobre las críticas y controversias de la industria devela un complejo entramado que cuestiona las políticas de transición energética, cómo se aborda la crisis social y ecológica, aspectos de justicia energética y climática, e incluso las formas de gobernanza.

Otros aspectos a destacar de los proyectos bajo análisis

Otros aspectos interesantes en cuanto a los proyectos bajo revisión, es que ninguno de los dos proyectos son alimentados únicamente por una fuente de energética renovable. Hyex es alimentado por una fuente ya existente del Complejo Industrial Tamaya (ENGIE LATAM S.A., 2021; Engie S.A., 2022). En el caso del proyecto Haru Oni considera sólo un aerogenerador pero además una conexión “de respaldo” al Sistema Eléctrico de Magallanes (HIF Spa, 2020).

En ninguno de los dos proyectos el producto final es Hidrógeno Verde, sino que este es un subproducto en la cadena de producción. El producto final a comercializar es otro, pero de carácter verde. En el caso del proyecto Haru Oni es metanol y “gasolina o e-combustible”, que usa como insumo el hidrógeno verde, y en

el caso de Hyex la totalidad del Hidrógeno pasa a ser Amoníaco Verde, bajo procesamiento de ENAEX -el que a su vez se pretende para Nitrato de Amonio como producto final para minería por ENAEX, Mejillones- (HIF, 2020; SEA, 2022). Esto puede deberse al estado temprano de la industria y de la viabilidad del hidrógeno como producto de valor final, proyectándose a etapas superiores o futuras, que van de la mano de desarrollo de más tecnologías e implementación de estas. Sin embargo, lo que es observado de forma común es que la lógica “verde” de producción le da un valor agregado al producto mismo junto a los grupos empresariales y sus industrias, las que transmiten orgullosamente una imagen de cuidado del medioambiente. Este valor agregado se inserta en el escenario global de transición energética, donde existen métodos de incentivo económico a los esfuerzos “verdes” —ya sea en forma de impuestos al carbono o de venta de bonos de carbono, y en el caso nacional, por ejemplo el “Bono sostenible de Chile”— (Jimenez, 2020; Ministerio de Hacienda, 2020). Pero también, es impulsado en parte por el cuestionamiento social hacia el actuar de las empresas, por tanto, se busca comunicar una mejor imagen. Es el caso de ENAEX, que junto a ENGIE, pretenden enverdecer la imagen de la minería con el uso de Amoníaco Verde, sumado a los esfuerzos de Mining3 por implementar vehículos mineros que funcionen a base de Hidrógeno Verde, por una minería “sustentable” (ENGIE LATAM S.A., 2021; Engie Energía Chile, 2022).

Para la evaluación del proyecto Hyex, se declaran dos proyectos de forma independiente, a nombre de dos titulares distintos (Engie y ENAEX), ambos en la misma fecha, de ubicación colindante. Además, declaran ampliamente en otros medios ser un mismo proyecto y trabajar en colaboración (H2 Chile, 2020; ENAEX, 2022). Si bien, ambos proyectos realizan procesos distintos, dependen uno del otro, donde el producto de la etapa de Engie entra directamente y en su totalidad como

insumo para el proyecto declarado por ENAEX (SEA, 2022), lo que da luces del ingreso de forma fragmentada para su evaluación. De esta manera, no se está evaluando el proyecto en su completa envergadura.

De la misma manera, es importante reconocer que los proyectos de esta envergadura tienen un alcance de afectación mayor que en el espacio inmediato, o “área de influencia” definido para efecto de sus propias evaluaciones ambientales. Esto pues para su ejecución requieren o dependen de otros proyectos para su ejecución, como los que proveen la energía —parques eólicos o solares según corresponda— y las desaladoras —que proveen el agua, según el proyecto—. Esto ocurre más notoriamente en el proyecto Hyex, que presenta varios proyectos co-dependientes, de los cuales no se contemplan como posibles efectos ambientales sumativos (H2 Chile, 2022; ENGIE LATAM S.A., 2021; Engie S.A., 2014).

Finalmente, una de las partes más extensas de desglosar fue sobre el titular y su vinculación con otros grupos empresariales. Para ambos casos, los actores empresariales fueron predominantemente transnacionales, de origen europeo, y de fuerte presencia a nivel mundial en el área de energía. En ambos casos se desenmaraña una amplia gama de alianzas empresariales, se logró enumerar cerca de una decena de nombres vinculados por la ejecución de cada proyecto, que revelan las verdaderas intenciones de las industrias y sus apuestas por estas zonas. En Hyex, la alianza es primordialmente de características mineras, y así mismo están contempladas las finalidades de sus productos —Amoniaco Verde para ENAEX, cuya planta Prillex es el mayor complejo de producción de nitrato de amonio de grado explosivo en el mundo— (Engie Chile, 2021; ENAEX, 2022). Al mismo tiempo, Haru Oni internacionaliza sus productos de metanol y combustible ecológico para un alcance global, junto a potencias mundiales en movilidad como ExxonMobil —

conversión en gasolina utilizará su tecnología— y Porsche —dueño y destino del combustible producido—. Así mismo, el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales también ha declarado sobre los nombres que se reiteran en la escena de la industria energética, y como la mayoría de estas forman parte de agrupaciones nacionales tales como Asociación Chilena del Hidrógeno (H2 Chile) -asociación que reúne a actores del mundo privado, público y académico con la finalidad de "acelerar la transición energética", donde conviven desde transnacionales mineras hasta industrias de maquinaria pesada- (OLCA, 2022), lo que también se cumple para el caso de ambos proyectos analizados.

Por lo tanto, lo recolectado fue un reflejo de las críticas que emanan desde el Sindicato de Trabajadores de ENAP, quienes indican que se ha preferido concesionar y licitar el desarrollo de esta industria, en lugar de fortalecer la gestión pública (Diálogo Sur, 2021).

Los actores identificados, en su mayoría, llevan tiempo en la escena energética y poseen una posición de poder dentro de ésta, siendo que, esta vez en particular visten la máscara verde o "green-friendly". Sin embargo es bien conocida su forma de operar sobre los territorios y sus impactos causados sobre las poblaciones -para ambos proyectos, sus principales grupos empresariales (Engie, ENAEX y AME) están envueltos conflictos sociales y ambientales (San Román, 2022; Del Río, 2021; OLCA, 2022; Badal, 2016; O’Ryan & Leiva, 2019; OLCA, 2021)-. De esta manera, develan la verdadera intención de la generación de un nuevo producto de interés global, que sólo perpetúa el modelo actual que nos ha llevado a la crisis climática.

Consideraciones finales

A menudo se habla de "energía" en forma de recurso y se conceptualiza como una materialidad con propiedades termodinámicas, sin embargo, como se ilustra en los casos analizados, y acorde al autor Cederlöf (2021), no se considera que ésta se mueve a través de las economías y sociedades de manera física y también socialmente desigual. La distribución de esta no es un proceso políticamente neutral, sino que existen actores gubernamentales y empresariales, quienes definen y orientan los flujos de energía mediante estructuras (Cederlöf, 2021). Por lo tanto, debemos analizar estas propuestas -en forma de estrategias y planes de orden público- como formas de ordenamiento político que definen la interacción humano-naturaleza.

Entendiendo la energía de esta manera, es equívoco el abordaje actual e implementación de estos planes y estrategia públicas, que sostienen dinámicas de despolitización al reducir la discusión a una meramente técnica. Esto margina estas discusiones a especialistas que poseen competencia académica-técnica, y excluye la construcción y conocimiento popular. Cabe recordar que la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde se aprobó en tiempos de pandemia, y no ha sido parte de un debate público para una iniciativa que pretende tener carácter nacional (Moya, 2022). También es un acto intencionado de despolitización, cuando las políticas gubernamentales en torno a crisis hídrica y climática se centran en generar un sujeto neoliberal, a quien se le asigna la responsabilidad individual del uso de recursos de forma eficiente —como en las campañas de gobierno “Plan contra la Sequía” “#CuidemosElAgua”, “Dúchate en 3”, entre otras (Prensa Presidencial, 2021; Ministerio del Medio Ambiente, 2019)—, y sin embargo no se le permite la participación ni decisión sobre las políticas energéticas. El autor Flores-Fernandez

(2020) dice que estas políticas no son casuales, y se atreve a decir que, en el caso chileno, “detrás del éxito tecnológico y el consenso en torno a la transición hay una perpetuación de las relaciones de poder y estructuras de apropiación y gestión capitalista de los recursos energéticos”.

Considerando lo anteriormente expuesto, es digno preguntarse entonces, cuán verde es la transición energética en Chile si mantiene las mismas formas de operar, bajo proyectos e iniciativas que ejecutan actores empresariales bien conocidos, que además no contemplan promover el desarrollo local, la descentralización o distribución de ésta, el estado crítico de acceso al agua, ni la participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones.

Así es como los movimientos sociales y territoriales vienen cuestionando la urgencia de subirse a cualquier carro en nombre de la transición, que no garantice una que sea justa. Realmente, no hay un designio más colonial que pretender un rol pasivo de los pueblos y que acepten ser proveedores globales, en este caso, de energía, como si este fuese su destino y no una decisión geopolítica mundial en nombre de una transición verde (Svampa & Viale, 2020). La construcción común de una agenda de transición justa, se reclama cada vez más por parte de organizaciones y activistas socioambientales latinoamericanos (Svampa, 2022).

La propuesta por tanto es que una transición energética debe velar por la democratización y descentralización de la energía como pilar, para una verdadera transformación. Donde sus reales intenciones sean las ecológicas y sociales, y no para la ejecución de un nuevo negocio.

La realización de este trabajo regala cuestionamientos tanto para profesionales que se desenvuelven en áreas medioambientales, como para biólogos y biólogas, al exponer una problemática donde los diagnósticos técnicos de viabilidad

o los argumentos por “ventaja comparativa” que defienden la industria del Hidrógeno Verde, no son lecturas suficientes para comprender a cabalidad las implicancias de su posicionamiento en la región chilena. Por tanto, se requiere considerar aspectos políticos, sociales, históricos, y ambientales, superando la mirada dicotómica naturaleza-humano, por ser dos continuos que habitan y se configuran mutuamente, reforzando el vínculo codependiente con la naturaleza (Svampa & Viale, 2020).

Conclusiones

La producción de Hidrógeno Verde de forma industrializada parece estar en su etapa inicial, al menos como industria. A su vez, sus tecnologías de almacenamiento, transporte, y desalinización de agua se encuentran en un proceso aún inacabado de mejora en su eficiencia. Esto no parece ser una mayor dificultad para el comienzo de la implementación de la industria, la cual ha movilizó a numerosos actores, que se encuentran detrás de cada proyecto, para dar alcance a cada uno de los procesos requeridos para su producción. Sin embargo, en ninguno de los casos el producto final a comercializar fue el hidrógeno verde como tal, sino otro, del cual se remarca su atributo “verde”. Esto se presume al estado temprano de la industria.

En este trabajo, se le dió cabida a críticas y controversias que emanan especialmente desde organizaciones sociales u otros grupos organizados, lo que es necesario si se piensa en aspectos de justicia energética en las intenciones de transición, como forma de mayor democracia, incluyente de la opinión que no es técnica.

La aplicación de las críticas y controversias recopiladas sobre dos proyectos representativos arrojó importantes atisbos. Entre los que estuvieron: la mención del agua reducida al aspecto técnico -fuente y traslado de esta- sin mención del estado de sequía, la falta de proyecciones de tipo locales, sino una notoria intención hacia la exportación con productos que se pretenden comercializar a escala global, un amplio número de actores transnacionales involucrados tanto en financiamiento como en tecnologías, además de en uno de los casos, se declara un proyecto de forma fragmentada para su evaluación. Lo que presenta una idea preliminar de los

posibles impactos socioambientales de la industria del Hidrógeno Verde en la región chilena. También la información compilada, retrata una forma de operar bien conocida por la historicidad de Chile de tipo extractiva, lo que deja preocupación y expectativa sobre el destino de esta industria, que no da luces de ir en beneficio de los comunes ni de sus pueblos.

La invitación de este trabajo es a considerar la magnitud de la implementación de una industria con estas características, un análisis de impactos que contempla todos las tecnologías y materialidades implicadas. Pero que además pueda superar un análisis estrictamente técnico, situando esto en sus contextos sociopolíticos, considerando que cada espacio que posee sus propias particularidades ecosistémicas, pero a su vez históricas y sociales.

Como propuesta final, se realiza un llamado urgente hacia un repensar la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, con la finalidad de que esta vez se configure en torno a la justicia social y climática como las intenciones prioritarias, y no la generación de un “nuevo cobre”.

Bibliografía

1. Abbasi, S.A., & Abbasi, N. (2000). The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources. *Applied Energy*, 65(1-4), 121-144.
2. ACCIONA. 2022. Planta fotovoltaica El Romero Solar | Business as unusual [en línea] <<https://www.accion.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-romero-solar/>> [consulta 31 diciembre 2022]
3. Acciona. 2022. Planta fotovoltaica El Romero Solar: Una instalación de última generación en el desierto de Atacama [en línea] <https://www.accion.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-romero-solar/?_adin=02021864894> [consulta 29 dic 2022]
4. Acosta, K., Salazar, I., Saldaña, M., Ramos, J., Navarra, A., & Toro, N. (2022). Chile and its Potential Role Among the Most Affordable Green Hydrogen Producers in the World. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 890104.
5. Aela Eólica Llanquihue SpA. 2013. Ficha del Proyecto: Proyecto Parque Eólico Aurora. Servicio de Evaluación Ambiental.
6. Aela Eólica Sarco SpA. 2012. Ficha del Proyecto: Parque Eólico Sarco. Servicio de Evaluación Ambiental.
7. Aguas Antofagasta. 2022. Desalación: la solución para contrarrestar la sequía en la Región de Antofagasta. [en línea] <<http://www3.aguasantofagasta.cl/noticias/870-2022-01-07-20-26-38.html>> [consulta 1 agosto 2022]
8. Antofagasta Minerals (A. Minerals). 2022. Quienes somos. [en línea] <<https://www.aminerals.cl/quienes-somos/>> [consuta 20 mayo 2022]
9. Armijo, J. & Philibert, C. 2020. Flexible production of green hydrogen and ammonia from variable solar and wind energy: Case study of Chile and Argentina. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(3), 1541-1558.

10. Arriaza, B., & Galaz-Mandakovic, D. 2020. Expansión minera, déficit hídrico y crisis sanitaria. La potabilización del río Toconce y el impacto del arsenicismo en la población de la Provincia de Antofagasta (1915-1971). *Historia* 396, 10(1), 73-114.
11. Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile). 2020. Engie anuncia proyecto HyEx de hidrógeno verde, esencial para tronaduras en minería [en línea] <<https://h2chile.cl/engie-anuncia-proyecto-hyex-de-hidrogeno-verde-esencial-para-tronaduras-en-mineria/>> [consulta: 7 agosto 2022]
12. Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile). 2022. H2 en Chile: Proyectos [en línea] <<https://h2chile.cl/proyectos/>> [consulta 17 feb 2022]
13. Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile). 2022. HYDRA: Socios de H2 Chile integran consorcio de proyecto pionero para el uso de hidrógeno verde en minería [en línea] <<https://h2chile.cl/hydra-socios-de-h2-chile-integran-consorcio-de-proyecto-pionero-para-el-uso-de-hidrogeno-verde-en-mineria/>> [consulta 20 mayo 2022]
14. Asociación Chilena del Hidrógeno (H2 Chile). 2021. Hidrógeno Verde en minería.
15. Asociación Española de Pilas de Combustible (APPICE). 2021. TECNOLOGÍA DEL HIDRÓGENO [en línea] <<https://appice.es/tecnologia-del-hidrogeno/>> [consulta 27 noviembre 2021]
16. Badal, L. 2016. Región del Bío Bío: La verdad oculta detrás de la central termoeléctrica El Campesino. El Desconcierto. [en línea] <<https://www.eldesconcierto.cl/bienes-comunes/2016/11/03/region-del-bio-bio-la-verdad-oculta-detras-de-la-central-termoelectrica-el-campesino.html>> [consulta 10 marzo 2022]
17. Baidya Roy, S. & Traiteur, J.J. 2010. Impacts of wind farms on surface air temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(42), 17899-17904.
18. Ballard. 2022. About Ballard [en línea] <<https://www.ballard.com/about-ballard>> [consulta en 20 mayo 2022]

19. Bartlett J, Krupnick A. 2020. Decarbonized Hydrogen in the US Power and Industrial Sectors: Identifying and Incentivizing Opportunities to Lower Emissions. Report 20-25. Resources for the Future.
20. Bascuñán Blaset, A. 2008. Antoine Laurent Lavoisier: The revolutionary. *Educación Química*, 19(3), 226-233.
21. Beswick, R.R., Oliveira, A.M., & Yan, Y. (2021). Does the green hydrogen economy have a water problem? *ACS Energy Letters*, 6(9), 3167-3169.
22. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). 2022. Hidrografía Región de Magallanes. Chile Nuestro País. [en línea] <<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region12/hidrografia.htm>> [consulta 17 agosto 2022]
23. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). 2022. Región de Magallanes y Antártica Chilena. Información Territorial. [en línea] <<https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region12>> [consulta 16 agosto 2022]
24. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). 2021. Reportes Comunales: Antofagasta. [en línea] <<https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/repordpdf.html?anno=2021&idcom=2101>> [consulta 27 junio 2022]
25. Blanc, P., Zafar, M., Di Martino, F., Fargere, A., Carton, J., & Kolodziejczyk, B. 2019. New Hydrogen Economy-Hope or Hype?: Innovation Insights Brief 2019.
26. Bockris, J.O.M. 1972. A hydrogen economy. *Science*, 176(4041), 1323-1323.
27. Boyle, R. 1672. "Tracts written by the Honourable Robert Boyle containing new experiments, touching the relation betwixt flame and air..." London.
28. Brannstrom, C., Gorayeb, A., de Sousa Mendes, J., Loureiro, C., de Andrade Meireles, A.J., da Silva, E. V., ... & de Oliveira, R.F. 2017. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 62-71.

29. Bridge, G., Bouzarovski, S., Bradshaw, M., & Eyre, N. 2013. Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. *Energy Policy*, 53, 331–340.
30. Bruce-Lockhart, C., & Fulghum, F. 2022. La energía eólica y solar superan al carbón en Chile. *EMBER Climate*
31. Bunker, S.G. 1985. *Underdeveloping the Amazon: Extraction, Unequal Exchange, and the Failure of the Modern State*. Urbana: University of Illinois Press.
32. Bustos, B., Prieto, M., & Barton, J. 2015. *Ecología Política en Chile. Naturaleza, propiedad, conocimiento y poder*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria
33. Cabaña, G., & Aedo, M.P. 2021. Hidrógeno... ¿verde?. *CIPER Chile / Opinión* [en línea] <<https://www.ciperchile.cl/2021/11/22/hidrogeno-verde/>> [consulta 1 dic 2021]
34. Carrillo A. 2022. Llega turbina eólica para planta demostrativa de HIF en Magallanes. *Diario Sustentable*. [en línea] <<https://www.diariosustentable.com/2022/02/llega-a-chile-turbina-eolica-para-planta-demostrativa-de-hif-en-magallanes%E2%82%AC/>> [consulta: 22 marzo2022]
35. Cavendish, H. 1766. XIX. Three papers, containing experiments on factitious air. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (56), 141-184.
36. Ceceña, E.A., & Motto, P.C. 2007. *Territorialidad de la dominación*. Observatorio Latinoamericano de Geopolítica. Buenos Aires.
37. Cederlöf, G. 2021. Out of steam: Energy, materiality, and political ecology. *Progress in Human Geography*, 45(1), 70-87.
38. Cerda, R., & Gonzales, L.E. 2017. Pobreza Energética e Impuesto a las emisiones de Co2 en Chile (No. 30, pp. 1-25). Clapes UC.
39. Cerro Dominador CSP S.A. 2013. Ficha del Proyecto: "Planta Solar Cerro Dominador". Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
40. Cherif, H., & Belhadj, J. 2018. Environmental life cycle analysis of water desalination processes. In *Sustainable desalination handbook* (pp. 527-559). Butterworth-Heinemann.

41. Clarke, D.J., Pearce, K.A., & White, J.G. 2006. Powerline corridors: Degraded ecosystems or wildlife havens? *Wildlife Research*, 33(8): 615–626.
42. CODEFF. 2022. HIDRÓGENO VERDE EN MAGALLANES: CARTA ABIERTA AL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE CHILE. [en línea] <<https://codeff.cl/hidrogeno-verde-en-magallanes-carta-abierta-al-presidente-de-la-republica-de-chile/>> [consulta 7 julio 2022]
43. CONAMA. 2002. Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad Regional de Antofagasta. GOBIERNO DE CHILE. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. II REGIÓN DE ANTOFAGASTA
44. Contreras, J. 2022. Abren investigación contra Aes Andes por posible incumplimiento de su Resolución de Calificación Ambiental en cuestionado parque eólico Campo Lindo de Los Ángeles. [en línea] <<https://resumen.cl/articulos/abren-investigacion-contra-aes-andes-tras-intervenir-un-canal-de-regadio-inundar-cultivos-y-danar-caminos-rurales-en-las-trancas>> [consulta 12 jul 2022]
45. Coordinador Eléctrico Nacional (Coordinador). 2022. REPORTE ENERGÉTICO AGOSTO 2022
46. Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2016. PROGRAMA DE ACCIÓN NACIONAL DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN, LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS Y LA SEQUÍA PANCD-Chile 2016-2030
47. Cortes, C. 2021. Monitoreo de la sequía meteorológica en Chile. Edición Marzo 2021. Boletín n°92. Dirección Meteorológica de Chile (Meteochile).
48. Cuenca, L. (2021) La Reforma al Código de Aguas consolida la propiedad privada del agua y no avanza en su desprivatización y gestión territorial. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales [en línea] <<https://olca.cl/articulo/nota.php?id=108797>> [consulta 16 dic 2021]

49. Daewel, U., Akhtar, N., Christiansen, N., & Schrum, C. 2022. Offshore wind farms are projected to impact primary production and bottom water deoxygenation in the North Sea. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 1-8.
50. De Levie, R. 1999. The electrolysis of water. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 476(1), 92-93.
51. Del Rio, A. 2021. Enaex: La empresa de la nube tóxica es la misma que despidió a todos los dirigentes de su Sindicato de Trabajadores Profesionales. *La Izquierda Diario*. [en línea] <<https://www.laizquierdadiario.cl/Enaex-La-empresa-de-la-nube-toxica-es-la-misma-que-despidio-a-todos-los-dirigentes-de-su-Sindicato>> [consulta 6 agosto 2022]
52. Desaladoras Chile. 2022. Desaladoras para Chile. [en línea] <<https://desaladoraschile.cl/>> [consulta en 15 abril 2022]
53. Diálogo Sur. 2021. Sindicato Enap: Hidrógeno verde “no debe ser entregado a privados”. *Noticias* [en línea] <<https://dialogosur.cl/sindicato-enap-hidrogeno-verde-no-debe-ser-entregado-a-privados/>> [consulta 13 dic 2022]
54. ELECTRICIDAD, La Revista Energética de Chile (Revista EI). 2020. Hidrógeno verde: HIF recibe financiamiento del gobierno alemán para proyecto piloto de eCombustibles en Magallanes. [en línea] <<https://www.revistaei.cl/2020/12/02/hidrogeno-verde-hif-recibe-apoyo-financiero-del-gobierno-aleman-para-proyecto-piloto-de-ecombustibles-en-magallanes/#>> [consulta 10 marzo 2022]
55. ELECTRICIDAD, La Revista Energética de Chile (Revista EI). 2021. Los retos normativos a abordar con miras al desarrollo del hidrogeno verde en Chile [en línea] <<https://www.revistaei.cl/2021/05/20/los-retos-normativos-a-abordar-con-miras-al-desarrollo-del-hidrogeno-verde-en-chile/>> [consulta: 21 dic 2021]
56. Emsley, J. 2011. *Nature's building blocks: an AZ guide to the elements*. Oxford University Press.

57. ENAEX. 2022. Historia de Enaex Chile. [en línea] <<https://www.enaex.com/cl/es/enaex-chile-history/>> [consulta 20 mayo 2022]
58. ENAEX. 2022. HyEx - Impulsando el futuro de la industria minera. [en línea] <<https://www.enaex.com/cl/es/hyex/>> [consulta 7 agosto 2022]
59. ENAEX S.A. 2021. Declaración de Impacto Ambiental (DIA) "HyEx - Síntesis de Amoniaco Verde" Rep. Legal: Juan Andrés Errázuriz Domínguez 23 de agosto de 2021
60. Energía Abierta. 2022. Capacidad instalada. Comisión Nacional de Energía (CNE). [en línea] <<http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/>> [consulta 8 enero 2022]
61. Engie. 2021. Artículo 13 del RSEIA. RELACIÓN CON LAS POLÍTICAS, PLANES Y PROGRAMAS DE DESARROLLO
62. Engie. 2021. Artículo 15 del RSEIA. Relación con las políticas y planes evaluados estratégicamente.
63. Engie 2022. Who We Are [en línea] <<https://www.engie.com/en/group/who-we-are>> [consulta 18 abril 2022]
64. Engie Chile. 2019. ENGIE avanza en plan de descarbonización y completará el cierre de 800 MW al año 2024. [en línea] <<https://www.engie.cl/engie-avanza-en-plan-de-descarbonizacion-y-completara-el-cierre-de-800-mw-al-ano-2024/>> [consulta 18 mayo 2022]
65. Engie Chile. 2019. ENGIE avanza en plan de descarbonización y completará el cierre de 800 MW al año 2024. [en línea] <<https://www.engie.cl/engie-avanza-en-plan-de-descarbonizacion-y-completara-el-cierre-de-800-mw-al-ano-2024/>> [consulta 18 mayo 2022]
66. Engie Chile. 2021. ENGIE se une a Mining3 para acelerarla descarbonización de la Industria minera mediante la co-creación de soluciones de Hidrógeno [en línea] <<https://www.engie.cl/engie-se-une-a-mining3-para-acelerarla-descarbonizacion-de->

- la-industria-minera-mediante-la-co-creacion-de-soluciones-de-hidrogeno/> [consulta en 20 mayo 2022]
67. Engie Chile. 2021. Parque Eólico Vientos del Loa recibe permiso ambiental y planea iniciar su construcción en 2022 [en línea] <<https://engie-energia.cl/parque-eolico-vientos-del-loa-recibe-permiso-ambiental-y-planea-iniciar-su-construccion-en-2022/>> [consulta 20 mayo 2022]
68. Engie Chile. 2022. Planta Solar Tamaya recibe permiso de operación comercial por parte del Coordinador Eléctrico Nacional [en línea] <<https://www.engie.cl/planta-solar-tamaya-recibe-permiso-de-operacion-comercial-por-parte-del-coordinador-electrico-nacional/>> [consulta 19 mayo 2022]
69. Engie Energía Chile. 2022. Consorcio Hydra completa construcción del prototipo de hidrógeno verde para vehículos mineros. [en línea] <<https://www.engie.cl/consorcio-hydra-completa-construccion-del-prototipo-de-hidrogeno-verde-para-vehiculos-mineros/>> [consulta 19 mayo 2022]
70. Engie Energía Chile. 2022. Inversionistas. [en línea] <<https://engie-energia.cl/inversionistas/>> [consulta 15 abril 2022]
71. Engie Energía Chile S.A. 2014. Ficha del Proyecto: Línea 2x110 kV Tocopilla - Tamaya, Circuitos N°2 y N°3. Declaración de Impacto Ambiental. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). [en línea] <https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2128452638> [consulta 14 abril 2022]
72. ENGIE ENERGÍA CHILE S.A. 2016. Reporte Integrado.
73. ENGIE LATAM S.A. 2021. Declaración de Impacto Ambiental (DIA) "HyEx - Producción de Hidrógeno Verde" Rep. Legal: Pablo Rodolfo Espinosa Aguirre. 23 de agosto de 2021

74. Engie Latam S.A. 2022. ENGIE Latam S.A. (ENGIE Latinoamérica). Perfil de empresa. BNamericas [en línea] <<https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/engie-latam-sa>> [consulta 15 abril 2022]
75. ENGIE Latinoamérica. 2022. Acerca de: ENGIE Latinoamérica. Perfil LINKED IN [en línea] <<https://www.linkedin.com/company/engielatinoamerica/about/>> [consulta 15 abril 2022]
76. ENGIE S.A. 2022. ENGIE S.A. (ENGIE). Perfil de compañía. BNamericas [en línea] <<https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/engie-sa>> [consulta 18 abril 2022]
77. Engie S.A. 2022. HyEx - Producción de Hidrógeno Verde. Perfil de Proyecto. BNamericas. [en línea] <<https://www.bnamericas.com/es/content/project/xw2pgam0k-hyex---produccion-de-hidrogeno-verde>> [consulta 14 abril 2022]
78. Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 34(1), 487-515.
79. Fajardo, M. 2019. La ironía de Mejillones y Tocopilla: zona alberga a nueva termoeléctrica en región con la mayor tasa de cáncer al pulmón del país. El Mostrador. [en línea] <<https://www.elmostrador.cl/cultura/2019/08/29/el-carbon-mata-habitantes-de-mejillones-y-tocopilla-tienen-los-mas-altos-indices-de-cancer-de-pulmon-a-nivel-nacional/>> [consulta 19 abril 2022]
80. Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA). 2018. PROGRAMA TALLERES. “ESTRATEGIAS PARA LA DEFENSA Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y EL TERRITORIO EN MAGALLANES” [en línea] <<https://fima.cl/site/wp-content/uploads/2018/05/PROGRAMA-TALLERES-Magallanes1.pdf>> [consulta 30 agosto 2022]
81. Flores-Fernández, C. 2020. The Chilean energy “transition”: between successful policy and the assimilation of a post-political energy condition. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 33, 173-193

82. Fragiacomio, P., & Genovese, M. 2019. Modeling and energy demand analysis of a scalable green hydrogen production system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(57), 30237-30255.
83. Frank, A.G. 2006. Entropy generation and development: The nineteenth-century multilateral network of world trade. In: Hornborg A and Crumley C (eds) *The World System and the Earth System: Global Socioenvironmental Change and Sustainability since the Neolithic*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press, 303–316.
84. Friedlander, A. et al. 2021. RESERVA NACIONAL KAWÉSQAR: Conocimiento Tradicional, Biodiversidad y Recomendaciones para la Protección del Territorio.
85. García, N. 2021. Industria del hidrógeno verde: política comparada. Asesoría Técnica Parlamentaria. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [en línea] <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32539/1/BCN___Hidrogeno_verde_politica_comparada_Sept21.pdf> [consulta 14 septiembre 2022]
86. Generadoras de Chile. 2022. Mercado Eléctrico Sector Generación. Boletín del Mercado Eléctrico. Julio 2022
87. Global Thermostat. 2021. Global Thermostat to Supply Equipment Needed to Remove Atmospheric CO₂ for HIF's Haru Oni eFuels Pilot Plant [en línea] <<https://globalthermostat.com/2021/04/global-thermostat-to-supply-equipment-needed-to-remove-atmospheric-co2-for-hifs-haru-oni-efuels-pilot-plant/>> [consulta 16 marzo 2022]
88. Global Wind Energy Council (GWEC). 2020. Wind turbine sizes keep growing as industry consolidation continues. [en línea] <<https://gwec.net/wind-turbine-sizes-keep-growing-as-industry-consolidation-continues/>> [Consultado 26 diciembre 2022]
89. Gobierno de Chile. 2013. REGIÓN DE MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA CHILENA. [en línea] <<http://2010-2014.gob.cl/media/2013/08/Magallanes.pdf>> [consulta 8 septiembre 2022]

90. Gobierno de Chile. 2021. Plan Contra la Sequía [en línea] <<https://www.gob.cl/plansequia/situacionactual/>> [consulta: 23 nov 2021]
91. Gobierno de Chile. 2021. Presidente Piñera presenta Plan contra la Sequía para aumentar disponibilidad de agua y mejorar eficiencia en su uso. Presidencia de la República. Minuta de Prensa. 29 de agosto de 2021 [en línea] <<http://asocanalesmaipo.cl/wp-content/uploads/2021/08/PLAN-DEL-GOBIERNO-PARA-LA-SEQUI%CC%81A.pdf>> [consulta 2 agosto 2022]
92. Gobierno Regional (GORE). 2018. Plan Regional de Gobierno [en línea] <https://www.goreantofagasta.cl/goreantofagasta/site/artic/20161006/asocfile/20161006165641/plan_regional_de_gobierno_2014_2018.pdf> [consulta 27 junio 2022]
93. Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., & Moulin, P. 2009. Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9), 2317-2348.
94. Grez, A., Zaviezo T., & Simonetti-Grez, G. 2020. Manual de ciencia ciudadana para la biodiversidad de Magallanes.
95. Gubinelli, G. 2021. Con 60 proyectos Chile apuesta a exportar más hidrógeno que cobre. *Energía Estratégica* [en línea] <<https://www.energiaestrategica.com/con-60-proyectos-chile-apuesta-a-exportar-mas-hidrogeno-que-cobre/>> [consulta 15 septiembre 2022]
96. Hamed, T.A., & Alshare, A. 2022. Environmental impact of solar and wind energy-a review. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 10(2), 1-23.
97. HELIO ATACAMA TRES SpA. 2012. Ficha del Proyecto: Proyecto Fotovoltaico Laberinto Este. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
98. HELIO ATACAMA TRES SpA. 2012. Ficha del Proyecto: PROYECTO FOTOVOLTAICO LABERINTO OESTE. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

99. Hermele, K. 2012. Land Matters: Agrofuels, Unequal Exchange, and Appropriation of Ecological Space. Lund: Lund Studies in Human Ecology 13.
100. Hexagon Pururs. 2022. About. [en línea] <<https://hexagonpurus.com/about>> [consulta 20 mayo 2022]
101. HIF. 2020. HIF announces the support of the German government to its pilot plant to produce eFuel from green hydrogen [en línea] <https://www.hifglobal.com/docs/default-source/default-document-library/hif_pr_german-suport.pdf?sfvrsn=a49d7418_0> [consulta 17 marzo 2022]
102. HIF 2022. Descripción general. ¿Qué hace Hif S.p.A?. Dunsguide. [en línea] <<https://www.dunsguide.com/es/cl/company/0a10a82729a30de4ae26805d3ae024ac/hif-spa>> [consulta 10 marzo 2022]
103. HIF - Highly Innovative Fuels. 2022. Proyecto HIF [en línea] <<https://www.hif.cl/>> [consulta: 10 marzo 2022]
104. HIF Spa. 2020. Declaración de Impacto Ambiental (DIA) "Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral". Rep. Legal: Patricia Margarita Palacios Mackay. 17 de noviembre de 2020
105. HIF SpA (HIF). 2022. Perfil de compañía. BNamericas. [en línea] <<https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/hif-spa>> [consulta 10 marzo 2022]
106. Hornborg, A., Cederlof, G., & Roos, A. 2019. Has Cuba exposed the myth of 'free' solar power? Energy, space, and justice. Environment and Planning E.
107. INDH (Instituto Nacional de Derechos Humanos de Chile). 2018. Mapa de Conflictos Socio-Ambientales en Chile. [en línea] <<http://mapaconflictos.indh.cl/#/>> [consulta 04 dic 2021]
108. International Energy Agency. 2018. Energy Policies Beyond IEA Countries: Chile 2018. International Energy Agency.

109. Jiménez Sáez, F.L. 2020. Evaluación técnica y económica del uso de hidrógeno verde en aplicaciones para la industria y desplazamiento de combustible fósil.
110. Khan, M.A., Al-Attas, T.A., Roy, S., Rahman, M.M., Ghaffour, N., Thangadurai, V., Larter, S., Hu, J., Ajayan, P., & Kibria, M.G. 2021. Seawater Electrolysis for Hydrogen Production: A Solution Looking for a Problem? *Energy & Environmental Science*. 2021, 9, 1–16.
111. La Prensa Austral. 2022. “El déficit hídrico está afectando a la totalidad de los ganaderos de la región de Magallanes” [en línea] <<https://laprensaaustral.cl/2022/02/02/el-deficit-hidrico-esta-afectando-a-la-totalidad-de-los-ganaderos-de-la-region-de-magallanes/>> [consulta 17 agosto 2022]
112. López, M.V. 2012. Ingeniería de la energía eólica (Vol. 5). Marcombo.
113. Lovich, J.E., & Ennen, J.R. 2011. Wildlife conservation and solar energy development in the desert southwest, United States. *BioScience*, 61(12), 982-992.
114. Malm, A. 2016. *Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming*. London: Verso.
115. Mandel, E. 2021. Johnson Matthey to supply technology to Chile’s Haru Oni project. *H2 Bulletin* [en línea] <<https://www.h2bulletin.com/johnson-matthey-to-supply-technology-to-chiles-haru-oni-project/>> [consulta 16 marzo 2021]
116. Marín, C.E. 2010. Los nuevos paisajes de la energía solar: las centrales termosolares. *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, (25), 65-92.
117. Marín-Jiménez, J.D., & González-Cruz, P.J. 2020. Lecciones aprendidas del diseño de parques solares fotovoltaicos: Un enfoque de las características técnicas. *I+ D Tecnológico*, 16(1), 54-60.
118. Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R., & Desholm, M. 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science*, 66(4), 746-753.

119. Milesi, O. 2021. El hidrógeno verde en Chile, una gran apuesta con obstáculos. Inter Press Service, Periodismo y comunicación para el cambio global [en línea] <<https://ipsnoticias.net/2021/06/el-hidrogeno-verde-en-chile-una-gran-apuesta-con-obstaculos/>> [consulta: 13 nov 2021]
120. Ministerio de Bienes Nacionales. 2021. Los Ministerios de Bienes Nacionales y Energía anuncian estrategia para producir Hidrógeno Verde en terrenos fiscales. [23 de Noviembre de 2021]
121. Ministerio de Desarrollo Social y Familia. 2021. CASEN 2020 En Pandemia. Resumen de resultados: Pobreza por Ingresos y Distribución de Ingresos. Observatorio Social. [en línea] <http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2020/Resumen_de_resultados_de_Pobreza_por_Ingresos_y_Distribucion_de_Ingresos.pdf> [consulta 29 agosto 2022]
122. Ministerio de Energía. 2019. ENERGÍA DE LA REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA. [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/magallanes-y-de-la-antartica-chilena/energia-de-la-region-de-magallanes-y-de-la-antartica-chilena>> [consulta 1 sept 2022]
123. Ministerio de Energía. 2021. SEGÚN ESTUDIO DEL MINISTERIO DE ENERGÍA: Región de Magallanes podría llegar a producir el 13% hidrógeno verde del mundo con energía eólica. [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/segun-estudio-del-ministerio-de-energia-region-de-magallanes-podria-llegar-producir-el-13-hidrogeno-verde-del-mundo-con-energia-eolica>> [consulta 1 sept 2022]
124. Ministerio de Energía. 2019. Mapa de Vulnerabilidad Energética: Síntesis metodológica y resultados. División de Acceso y Desarrollo Social. Gobierno de Chile
125. MINISTERIO DE ENERGÍA. 2020. Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde – Chile, Fuente Energética para un Planeta Cero Emisiones. En: MINISTERIO DE

ENERGÍA (ed.) Correa, Max; Barria, Carlos; Maluenda, Benjamín ed. Santiago, Chile: Gobierno de Chile.

126. Ministerio de Energía. 2020. Gobierno presenta la Estrategia Nacional para que Chile sea líder mundial en hidrógeno verde [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/gobierno-presenta-la-estrategia-nacional-para-que-chile-sea-lider-mundial-en-hidrogeno-verde>> [consulta 13 dic 2022]
127. Ministerio de Energía. 2021. Chile adjudica usd\$50 millones para proyectos de hidrógeno verde. [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/chile-adjudica-usd50-millones-para-proyectos-de-hidrogeno-verde>> [consulta: 8 febrero 2022]
128. Ministerio de Energía. 2021. El más grande de Chile: Ministro Jobet anuncia nuevo proyecto de hidrógeno verde en Magallanes. [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/el-mas-grande-de-chile-ministro-jobet-anuncia-nuevo-proyecto-de-hidrogeno-verde-en-magallanes>> [consulta 1 sept 2022]
129. Ministerio de Energía. 2021. Presidente Piñera inaugura proyecto que generó la primera molécula de hidrógeno verde para vehículos de faena minera. [en línea] <[https://energia.gob.cl/noticias/nacional/presidente-pinera-inaugura-proyecto-que-genero-la-primera-molecula-de-hidrogeno-verde-para-vehiculos-de-faena-minera#:~:text=El%20hidr%C3%B3geno%20verde%20\(H2v\)%20presenta,en%20las%20emisiones%20de%20CO2%E2%80%9D.>](https://energia.gob.cl/noticias/nacional/presidente-pinera-inaugura-proyecto-que-genero-la-primera-molecula-de-hidrogeno-verde-para-vehiculos-de-faena-minera#:~:text=El%20hidr%C3%B3geno%20verde%20(H2v)%20presenta,en%20las%20emisiones%20de%20CO2%E2%80%9D.>)> [consulta 11 agosto 2022]
130. Ministerio de Energía. 2022. Antofagasta y Magallanes: Lugares estratégicos para el desarrollo de Hubs de hidrógeno verde. [en línea] <<https://energia.gob.cl/noticias/nacional/antofagasta-y-magallanes-lugares-estrategicos-para-el-desarrollo-de-hubs-de-hidrogeno-verde>> [consulta 10 agosto 2022]
131. Ministerio de Energía. 2022. Durante su gira por la región de Antofagasta, el Mandatario visitó la Planta de Engie Energía, donde resaltó que «desde Chile, desde Tocopilla, estamos haciendo un aporte significativo al mundo». Noticias. [en línea]

- <<https://energia.gob.cl/noticias/antofagasta/presidente-boric-participo-en-ceremonia-de-cierre-de-termoelectrica-de-tocopilla>> [consulta 18 oct 2022]
132. Ministerio de Energía. 2022. Transición Energética de Chile. Política Energética Nacional
 133. Ministerio de Hacienda. 2020. Marco de Bono Sostenible de la República de Chile.
 134. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2019. Ministra Schmidt lanza la campaña para cuidar el agua “Dúchate en 3”
 135. Moya O. 2022. Lucio Cuenca: “La producción de hidrógeno verde no es para el recambio de la matriz energética, sino para la exportación”. Diario UChile [en línea] <<https://radio.uchile.cl/2022/10/01/lucio-cuenca-la-produccion-de-hidrogeno-verde-no-es-para-el-recambio-de-la-matriz-energetica-sino-para-la-exportacion/>> [consulta 1 de octubre 2022]
 136. Nadaï, A., & Labussiere, O. 2010. Birds, wind and the making of wind power landscapes in Aude, southern France. *Landscape Research*, 35(2), 209–233.
 137. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 2021. HIF inicia obras mayores del proyecto piloto para producir “hidrógeno verde” en Magallanes [en línea] <<https://olca.cl/articulo/nota.php?id=108905>> [consulta 14 oct 2021]
 138. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 2022. Comunidades de la Buta Wapi Chilwe rechazan la instalación de devastadores megaproyectos de energía que amenazan sus territorios. [en línea] <<https://olca.cl/articulo/nota.php?id=109792>> [consulta 11 de Diciembre de 2022]
 139. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 2022. Para una transición con justicia el Gobierno de Boric debe dejar de seguir los pasos de Piñera en la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. 08 de Julio de 2022

140. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 2022. ¿Quiénes controlan el negocio del “Hidrógeno Verde” en Chile? [en línea] <<https://olca.cl/articulo/nota.php?id=109654>> [consulta 23 sept 2022]
141. Ojeda, A. 2015. Puerto Natales en alerta por proyecto minero carbonífero. Radio Universidad de Chile. Diario UChile. Medio Ambiente. [en línea] <<https://radio.uchile.cl/2015/05/09/puerto-natales-en-alerta-por-proyecto-minero-carbonifero/>> [consulta 1 septiembre 2022]
142. Osorio J.C., Perez, J., & Reyes, L. 2021. Hidrógeno Verde en Chile: ¿la gran oportunidad para crear un modelo de desarrollo ejemplar? Ciper Académico / Análisis
143. Oyarzo, P. 2022. Sindicato de Profesionales asegura que ENAP debe adaptarse a industria del hidrógeno verde. Crónica. El Pinguino. [en línea] <<https://elpinguino.com/noticia/2022/01/01/sindicato-de-profesionales-asegura-que-enap-debe-adaptarse-a-industria-del-hidrogeno-verde>> [consulta 13 dic 2022]
144. O’Ryan, F., & Leiva, M. 2019. Polémica por contrato de El Campesino: gobierno endurece críticas y empresa se defiende. La Tercera. [en línea] <<https://www.latercera.com/pulso/noticia/polemica-contrato-campesino-gobierno-endurece-criticas-empresa-se-defiende/651371/>> [consulta 10 marzo 2022]
145. Parque Eólico el Arrayán SpA. 2009. Ficha del Proyecto: Parque Eólico El Arrayán. Servicio de Evaluación Ambiental
146. Parque Eólico el Arrayán SpA. 2011. Ficha del Proyecto: Ampliación y Modificación Parque Eólico El Arrayán. Servicio de Evaluación Ambiental
147. Pinto Candia, C. 2020. Manual de Preparación y Evaluación de proyectos. Capítulo 1: Marco conceptual de la metodología de preparación y evaluación de proyectos. p. 6-8
148. Porsche Newsroom. 2022. Porsche refuerza su compromiso con la producción industrial de eFuels. [en línea] <<https://newsroom.porsche.com/es/2022/compania/PLA-es-porsche-compromiso>>

produccion-industrial-efuels-combustibles-sinteticos-hif-global-llc-27942.html>

[consulta 6 abril 2022]

149. Prensa Presidencial. 2021. Presidente Piñera presenta plan contra la sequía: “Todos tenemos que ser parte de la solución” [en línea] <<https://prensa.presidencia.cl/comunicado.aspx?id=178875>> [consulta 15 diciembre 2021]
150. Rasero, C.M. 2011. Energía solar fotovoltaica. Energía solar fotovoltaica, situación actual, 4.
151. Reborn Electric SpA. 2022. Acerca de: Reborn Electric Motors. Perfil de Linked In. [en línea] <<https://www.linkedin.com/company/reborn-electric-spa/?originalSubdomain=cl>> [consulta 20 mayo 2022]
152. Rifkin, J. 2002. The hydrogen economy: The creation of the worldwide energy web and the redistribution of power on earth. Penguin.
153. Rignall, K.E. 2016. Solar power, state power, and the politics of energy transition in pre-Saharan Morocco. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 48(3), 540-557.
154. Roberts, D.A., Johnston, E.L., & Knott, N.A. 2010. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. *Water Research*, 44(18), 5117-5128.
155. Robbins, P. 2019. *Political ecology: A critical introduction*. John Wiley & Sons.
156. Ruiz, J.M., & Serrano, M.L.T. 2006. Identificación de impactos ambientales significativos en la implantación de Parques Eólicos. Un ejemplo en el municipio de Jumilla (Murcia). *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (41), 145-154.
157. Sadhwani, J.J., Veza, J.M., & Santana, C. (2005). Case studies on environmental impact of seawater desalination. *Desalination*, 185(1-3), 1-8.

158. Saunders, D.A., Hobbs, R.J., & Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5(1), 18-32.
159. San Román, F. 2022. El mapa de los conflictos socioambientales de la región de Antofagasta. *Regionalista*. Edición especial 4to aniversario. [en línea] <<https://regionalista.cl/aqui-puedes-descargar-y-leer-la-revista-de-regionalista-cl-especial-4-aniversario/>> [consulta 5 agosto 2022]
160. Servicio Agrícola y Ganadero. 2015. Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos (1ª edición). Chile: Ministerio de Agricultura. pp. 38-45. ISBN 978-956-7987-17-7.
161. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2021. Resolución de Calificación Ambiental (RCA). Califica ambientalmente el proyecto "Proyecto piloto de descarbonización y producción de combustibles carbono neutral" Resolución Exenta N° 058/2021. Servicio de Evaluación Ambiental, Magallanes y Antártica Chilena. 14 de Mayo de 2021
162. Servicio Evaluación Ambiental (SEA). 2022. Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Califica Ambientalmente el proyecto "HyEx - Síntesis de Amoniaco Verde" Resolución Exenta N° 202202001117. II Región de Antofagasta. 27 de abril de 2022
163. Siebert. 2022. Claudio Sáez, investigador del Centro CAPTA: "La desalación podría cambiar sideralmente la situación hídrica que enfrentamos". Noticias Universidad de Chile. [en línea] <<https://www.uchile.cl/noticias/184168/la-desalacion-podria-cambiar-sideralmente-la-situacion-hidrica>> [consulta 2 agosto 2022]
164. Simonetti-Grez, G., & Stipicic, G. 2020. Minería en Isla Riesco, ejemplo de injusticia socio-ambiental en Chile. *Ladera Sur* [en línea] <<https://laderasur.com/articulo/mineria-en-isla-riesco-ejemplo-de-injusticia-socio->

ambiental-en-chile-una-columna-de-gabriela-simonetti-grez-y-gregor-stipicic/>

[consulta 1 septiembre 2022]

165. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. 2021. Ficha del Proyecto: Proyecto Piloto de Descarbonización y Producción de Combustibles Carbono Neutral [en línea] <https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2149071179> [consulta 01-10-2021]
166. Sistema de información territorial de humedales alto andino (SITHA). 2022. II Región Antofagasta [en línea] <<https://sitha.ciren.cl/ii-region-antofagasta/analisis-tematico-ii-region-antofagasta/>> [consulta 2 agosto 2022]
167. Soliman, M.N., Guen, F.Z., Ahmed, S.A., Saleem, H., Khalil, M.J., & Zaidi, S. J. 2021. Energy consumption and environmental impact assessment of desalination plants and brine disposal strategies. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 589-608.
168. Svampa, M. & Viale, E. 2020a: El colapso ecológico ya llegó. Cómo salir de los modelos de (mal)desarrollo, Buenos Aires, Siglo XXI.
169. Svampa, M. 2022. Dilemas de la transición ecosocial desde América Latina. Documentos de trabajo (Fundación Carolina): Segunda época, (12), 1.
170. Thiess. 2022. About us. [en línea] <<https://www.thiess.com/es-cl/about-us>> [consulta 20 mayo 2022]
171. Universidad Católica del Norte (UCN). 2021. Barómetro Antofagasta identifica principales preocupaciones de la población. Noticias. [en línea] <<https://www.noticias.ucn.cl/noticias/barometro-antofagasta-identifica-principales-preocupaciones-de-la-poblacion/>> [consulta 9 agosto 2022]
172. Vestas Chile, 2022. Vestas Chile Turbinas Eólicas Ltda. (Vestas Chile). PERFIL DE COMPAÑÍA. BN Americas [en línea]

<<https://www.bnamericas.com/es/perfil-empresa/vestas-chile-turbinas-eolicas-ltda-vestas-chile>> [consulta 27 diciembre 2022]

173. Walker, A. 2021. ¿El Hidrógeno Verde como bien nacional de uso público? Columna. Diario Financiero [en línea] <<https://www.df.cl/noticias/opinion/columnistas/el-hidrogeno-verde-como-bien-nacional-de-uso-publico/2021-04-07/191341.html>> [consulta: 21 dic 2021]
174. Wang, C., & Prinn, R.G. 2010. Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10(4), 2053-2061.
175. Yenneti, K., Day, R., & Golubchikov, O. 2016. Spatial justice and the land politics of renewables: Dispossessing vulnerable communities through solar energy mega-projects. *Geoforum*, 76, 90-99.