



Panel Ciudadano
H2 Magallanes

¿Es buena idea el Hidrógeno para MAGALLANES?

Cuestionamientos e información para la incidencia

Esta publicación fue editada en Punta Arenas, Región de Magallanes y la Antártica Chilena, entre junio y julio de 2025.

Dirección del proyecto: Inti González Ruiz

Revisión de contenidos y Coordinación Editorial: Gabriela Simonetti Grez & Inti González Ruiz

Diseño editorial y fotografía: Valentina Paz Silva Díaz

Compilación y edición de estilo: Comunicaciones Panel Ciudadano

Financiamiento: Fondo ONG FIMA.

Proyecto: Imaginario de la industria del H2 en Magallanes: cuestionamientos e información para la incidencia

Este trabajo se llevó a cabo gracias a la ayuda de una subvención otorgada por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. Las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente las del IDRC o las de la Junta de Gobernadores.



Canada

© 2025 Panel Ciudadano sobre Hidrógeno en Magallanes. Licencia Creative Commons para libre circulación académica.

ISBN: 978-956-423-285-0

Índice

Introducción	5
Capítulo 1: Biodiversidad y paisaje de la estepa	11
¿Es posible enfrentar la Crisis Climática ignorando la pérdida de biodiversidad?	13
¿Qué rasgos geológicos hacen único al paisaje magallánico de la estepa?	15
¿Tiene la estepa magallánica algún valor para la sociedad?	18
Capítulo 2: Planificación y gobernanza del proceso	21
Hidrógeno en Magallanes: ¿Un proceso planificado?	23
¿Cumple la política del hidrógeno “verde” en Chile con los principios de la gobernanza climática?	28
Capítulo 3: Impactos sociales	33
¿Qué implicancias sociales podría tener la instalación de la industria del hidrógeno en Magallanes?	35
¿Por qué se debe incluir en la discusión de la instalación de una industria la perspectiva de género?	41
Capítulo 4: Vector energético	45
¿Cuáles son los costos e impactos energéticos de la producción de hidrógeno "verde" en Magallanes, más allá de la descarbonización?	46
Capítulo 5: Modelo de financiamiento	55
La Facilidad de Hidrógeno Verde ¿Un nuevo esquema de financiación para la industria que omita responsabilidades y subsidia a inversionistas?	57
Capítulo 6: Análisis de los proyectos ingresados	63
¿Qué nos revelan las observaciones ciudadanas y técnicas sobre la calidad de los Estudios de Impacto Ambiental en proyectos de hidrógeno en Magallanes?	65
Bibliografía	77

Introducción

Gabriela Simonetti Grez & Inti González Ruiz

Secretaría Ejecutiva Panel Ciudadano sobre Hidrógeno en Magallanes, Magallanes, Chile.

La Región de Magallanes y de la Antártica Chilena —territorio remoto en el extremo austral del continente americano— reúne singularidades que la convierten en un espacio estratégico y extremadamente frágil. Aquí confluyen glaciares, fiordos, los bosques templados más australes, turberas que constituyen uno de los reservorios de carbono más importantes del planeta, y extensas planicies de estepa patagónica que, contrariamente a la percepción de “peladero” o espacio improductivo, alberga ecosistemas de altísimo valor ecológico, cultural y científico.

Según Pliscoff, **la estepa magallánica es un sumidero de carbono clave**, con más del 90% de su carbono orgánico almacenado bajo el suelo, una elevada diversidad de especies endémicas, y una importancia crítica como testimonio de la historia climática del hemisferio sur. Pese a ello, sólo un 2,6% cuenta con protección oficial, situándose entre los ecosistemas más subrepresentados en las políticas de conservación de Chile.

Éstas y otras características socio ambientales de la región de Magallanes, explican su reconocimiento por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, como uno de los siete laboratorios naturales de Chile. Este Laboratorio Natural Subantártico es un espacio único a nivel mundial, que subraya la importancia de investigar la respuesta de los ecosistemas extremos al cambio climático, la dinámica de hielos y océanos, y la evolución de la biodiversidad en ambientes australes, entre otros aspectos.

Dada su biodiversidad, Magallanes ya contribuye a enfrentar el cambio climático. **Según el Ministerio del Medio Ambiente, la región presenta un balance neto negativo de carbono, es decir, captura más gases de efecto invernadero de los que emite, contribuyendo de forma decisiva a la mitigación de la crisis climática global.** Esta condición, excepcional en el contexto nacional, refuerza la idea de que Magallanes ya desempeña un rol activo en los esfuerzos planetarios de descarbonización, a través de soluciones basadas en la naturaleza.

Al mismo tiempo, esta región se distingue por una distribución demográfica particular: más del 85% de su población se concentra en áreas urbanas, principalmente en Punta Arenas, Puerto Natales y Porvenir. La capital regional, con cerca de 130.000 habitantes, se posiciona como ciudad intermedia de referencia, según el Índice de Ciudades Intermedias del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, destacando por su cobertura de servicios básicos, acceso a educación y salud, y niveles relativamente altos de calidad de vida en comparación con otras regiones extremas de Chile.

Sin embargo, **estos indicadores positivos coexisten con problemas estructurales que hacen que varias comunas de la región sean consideradas “susceptibles”** por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo —incluida Punta Arenas. Esta última clasificación responde, principalmente, a la presencia de localidades rurales aisladas y desigualdades territoriales internas, que conviven con su área urbana consolidada. La dependencia fiscal, las brechas de conectividad y la limitada capacidad institucional, generan vulnerabilidades que se podrían profundizar ante procesos de industrialización acelerada.

La instalación de megaproyectos de hidrógeno en comunas catalogadas como “susceptibles” —como Porvenir,

San Gregorio y sectores rurales de Punta Arenas— **plantea riesgos de profundización de estas vulnerabilidades estructurales.** El rápido incremento de la demanda de infraestructura, servicios públicos y capacidades institucionales, podría tensionar un tejido social y administrativo que ya evidencia dificultades para sostener procesos de transformación acelerada. La alta dispersión poblacional y la limitada capacidad de gestión municipal, combinadas con la llegada masiva de trabajadores externos y la presión sobre servicios básicos, podrían reproducir dinámicas de exclusión, inequidad y dependencia que, históricamente, han afectado a los territorios australes.

En 2020, el Gobierno presentó la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, que proyecta convertir a Chile en líder mundial en producción y exportación de este vector energético y sus derivados, hacia 2030. **Entre los polos de producción definidos, Magallanes ha sido identificada como la pieza clave: la región podría aportar hasta un 13% del hidrógeno “verde” que se consumiría a nivel global.** Esta pretensión se sustenta, principalmente, en la excepcional intensidad de sus vientos, con un potencial eólico estimado en 126.000 MW —capacidad que quintuplica la matriz eléctrica nacional— y las posibilidades de ocupar grandes extensiones de terreno. Desde el Ministerio de Energía se ha afirmado que “desde el extremo sur de nuestro país, estaremos aportando a descarbonizar el mundo entero”.

Sin embargo, esta narrativa de promesas, no está exenta de tensiones y contradicciones. Históricamente, Magallanes —que se convertiría en un polo de producción de energías renovables— ha sostenido su matriz energética en combustibles fósiles: en 1950 se crea la ENAP y, hasta 2018, el 97% de la matriz regional dependía de estas fuentes, con un rol protagónico en la explotación de carbón, gas y petróleo.

Así, mientras la transición hacia el hidrógeno se presenta como un cambio de paradigma, **la instalación de esta industria en Magallanes no responde a necesidades ni oportunidades locales, sino que se enfoca, enteramente, a la exportación, para abastecer a países de alta renta en Europa y Asia.** Así también se replican dinámicas conocidas: un esquema orientado a la exportación, con escaso control comunitario, alta dependencia de capital extranjero y un uso intensivo del territorio sin planificación adecuada.

En ese contexto, la atención que en este libro se presta a la estepa magallánica no es casual: gran parte de esta industria proyecta instalarse sobre estas vastas planicies, por su aparente disponibilidad territorial y condiciones de viento estratégicas y excepcionales.

Según información pública, **los tres primeros proyectos que han ingresado su Estudio de Impacto Ambiental al Sistema —de HIF Global, HNH Energy y Total Energies— abarcan en conjunto cerca de 93.000 hectáreas, es decir, el equivalente a poco más de 22 veces el área urbana de Punta Arenas** (cálculo realizado a partir de datos del Sistema de Información Geográfica, SIG). A esto se suman, aproximadamente, 177.000 hectáreas de otros proyectos eólicos identificados, y cerca de 458.000 hectáreas de interés potencial. **En total, más de 730.000 hectáreas se encuentran bajo amenaza de transformación industrial, superficie equivalente a la mitad de la Región Metropolitana de Santiago,** y más de 173 veces el área urbana de Punta Arenas.

En Magallanes, se han anunciado una veintena de proyectos de este tipo —la mayoría para producir amoníaco—, 16 de ellos oficialmente registrados en documentos del Ministerio de Energía (ver tabla 1), lo que multiplicaría de manera exponencial los impactos acumulativos sobre un

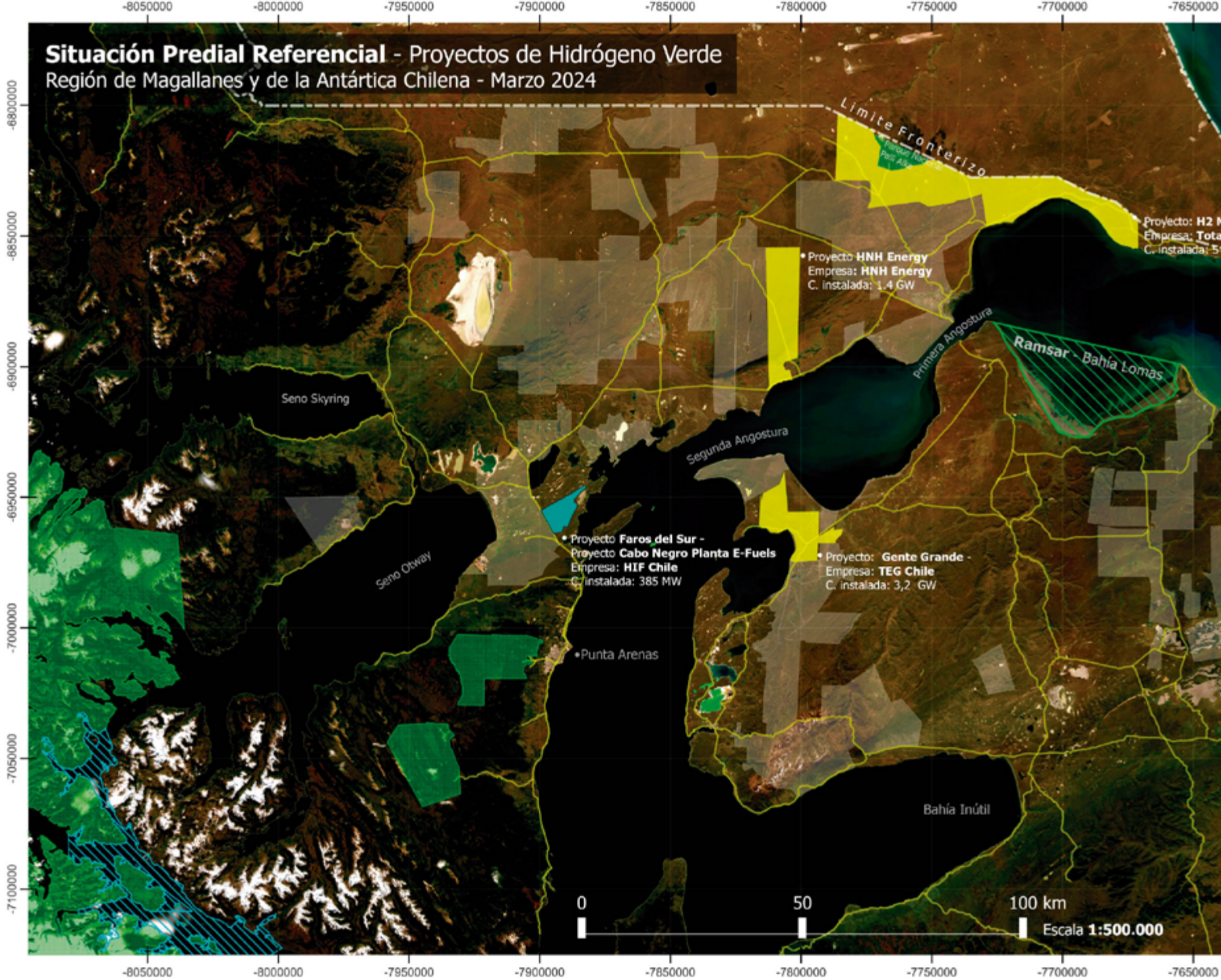
Tabla 1. Listado de proyectos con potencial de ejecutarse en la región de Magallanes

	Nombre Proyecto/Empresa	Potencia máxima total	Capacidad máxima de	Producción Estimada Anual	Producción Estimada Anual Producto Final	Inversión (MMUS\$)
	HIF Haru Oni	3,4	1,2	143	130 mil lts de e-gasolina / 350 lts de e-metanol	74
2	HIF Faro del Sur	384	240	40.000	700 mil tons de e-gasolina / 170 mil tons de e-metanol	1.200
3	HIF FASE II	7.500	S/I	780.000	1 millón 500 mil tons de e-gasolina	S/I
4	Proyecto H2 Magallanes (Total)	10.000	8.000	800.000	4,4 millones de toneladas de amoníaco	15.000
5	HNH Energy	1.300	1.000	S/I	500 mil toneladas de amoníaco	4.000 – 7.000
6	H1 Magallanes (CWP Global)	2.200	1.600	170.000	1 millón de toneladas de amoníaco	S/I
7	Llaquedona Green Hydrogen	1.156	800	80.000	500 mil toneladas de amoníaco	2.000
8	Vientos Magallánicos (RWE)	1.000	800	63.000	350 mil toneladas de amoníaco	1.850
9	Gente Grande (TEG Chile)	3.200	S/I	S/I	1,3 a 1,5 millones de toneladas de amoníaco	6.000
10	Energía Verde Austral (EDF)	1.300	1.000	120.000	570 mil toneladas de amoníaco	S/I
11	Punta Delgada (EDF Renewables)	2.000	1.500	180.000	1 millón de toneladas de amoníaco	S/I
12	Frontera (Acciona/Nordex)	1.000	800	80.000	450 mil toneladas de amoníaco	S/I
13	Cabeza de Mar (GH Energy / Free)	800	600	60.000	350 mil toneladas de amoníaco	2.850
14	Green Patagonia	2.200	S/I	S/I	890 mil toneladas de amoníaco	S/I
15	Pionero	1.000	S/I	S/I	S/I	S/I
16	Colbún	1.000	S/I	S/I	S/I	S/I
Total general		36.043,40	14.741,20	2.373.143,00	1.570.013 tons. E-gas / 170.004 tons. E-met / 11.510.000 tons. Amo	US\$36.000 millones

Fuente: Ministerio de Energía (2023)

Situación Predial Referencial - Proyectos de Hidrógeno Verde

Región de Magallanes y de la Antártica Chilena - Marzo 2024



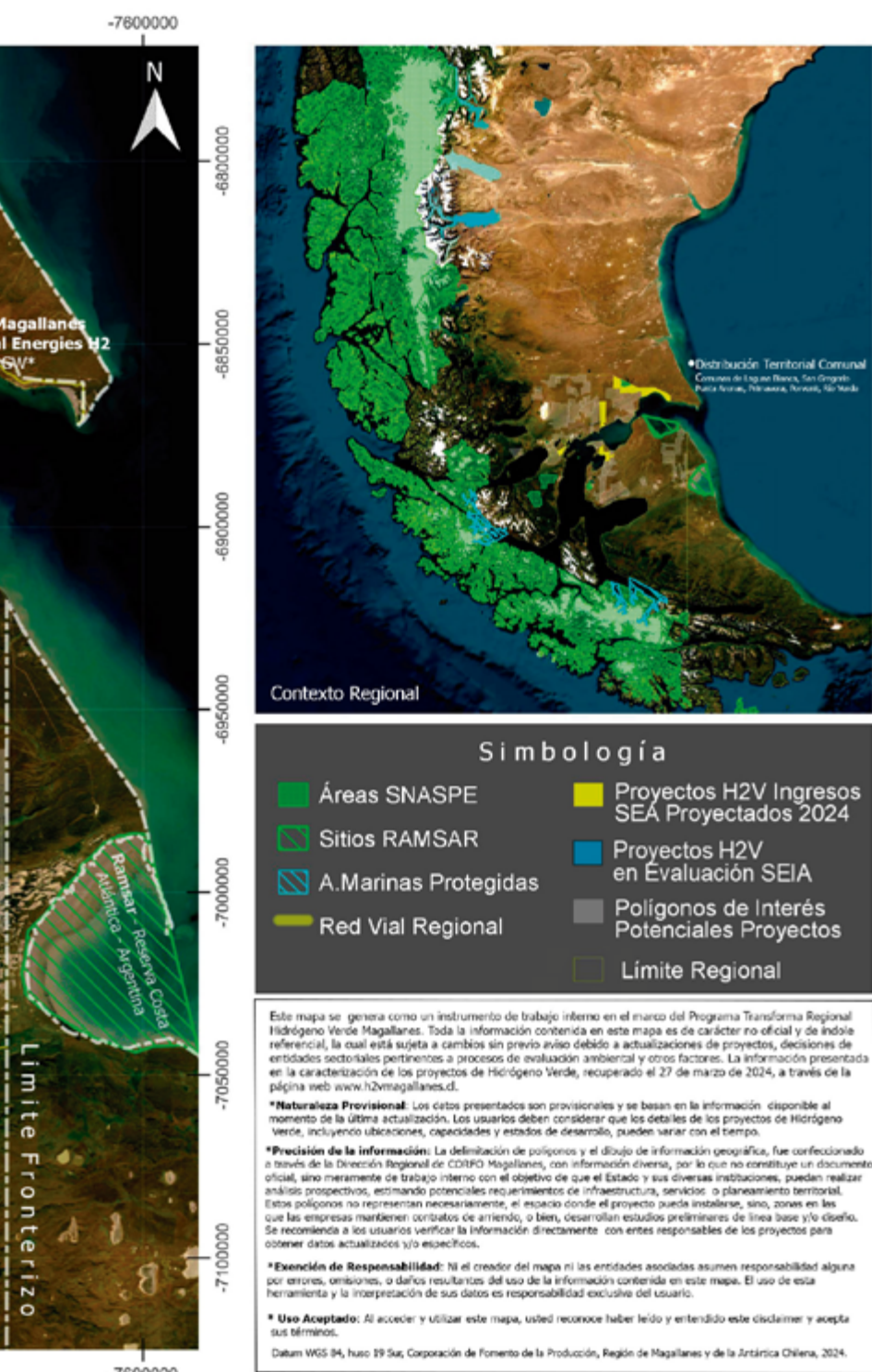


Fig. 1. Mapa referencial de la distribución de proyectos de hidrógeno “verde” en la región de Magallanes. En amarillo y celeste, los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental (SEÁ); en color café translucido, potenciales zonas para proyectos, y en verde, áreas silvestres protegidas. CORFO 2024.

ecosistema crucial para la mitigación del cambio climático, e históricamente subrepresentado en conservación.

Esta industrialización acelerada es impulsada por políticas sectoriales, como el Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030, acuerdos bilaterales con países europeos y líneas de financiamiento público-privadas, que incluyen préstamos de bancos multilaterales de desarrollo avalados por el Estado chileno. Sin embargo, carece de regulaciones específicas y de un ordenamiento territorial actualizado, que permita evaluar sus impactos acumulativos y sinérgicos.

Esta compleja realidad plantea preguntas urgentes: **¿Es sustentable la transformación de Magallanes en un polo industrial de escala global? ¿Qué costos territoriales, sociales y ecológicos estamos dispuestos a asumir? ¿Cómo compatibilizar la transición energética con los derechos de las comunidades locales y la protección de un patrimonio natural único?**

Este libro invita a una reflexión crítica e informada sobre estas preguntas. El análisis busca exponer datos que permitan acercarnos a comprender de mejor manera las implicancias de la instalación de la industria del hidrógeno. A través de seis ejes temáticos, se explorarán las múltiples dimensiones de este proceso: la biodiversidad y el paisaje, documentando la relevancia de la estepa magallánica y sus funciones ecológicas críticas, frecuentemente invisibilizadas; los potenciales impactos de género y sociales, indagando en los efectos diferenciados sobre mujeres y comunidades locales; la gobernanza y la planificación, evaluando las acciones institucionales que se han llevado a cabo para promover y regular este despliegue industrial; el modelo de financiamiento, evaluando los riesgos y responsabilidades del Estado en la promoción de esta industria; la energía, discutiendo los costos ener-

géticos y la eficiencia real del hidrógeno como vector de descarbonización, y, finalmente, el análisis de proyectos, revisando las observaciones realizadas a los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) presentados a la fecha.

Este recorrido aspira a contribuir a un debate público necesario: el de decidir, como sociedad, si el modelo de industrialización que se propone para Magallanes es realmente un paso hacia una transición energética justa, sustentable y democrática, o si corre el riesgo de replicar dinámicas que profundizan las desigualdades y la crisis ecológica que enfrentamos. En una región marcada por sus condiciones extremas y ecosistemas singulares, resulta relevante preguntarse si existen alternativas al camino de la industrialización, y si es posible pensar otras formas de aportar a la acción climática desde el territorio.



Siempreviva (*Armeria maritima*). Conocida como "Flor de papel" en la estepa de Magallanes. Valentina Silva.

¿Es posible enfrentar la Crisis Climática ignorando la pérdida de biodiversidad?

Javiera Constanzo Chávez & Catherine Dougnac Opitz

Wildlife Conservation Society (WCS) Chile, Santiago, Chile.

La biodiversidad es la diversidad de la vida entre individuos de una misma especie, entre especies y sus interacciones, y entre ecosistemas. Es la base biofísica que permite y sostiene la vida humana y cada una de sus manifestaciones (sociales, culturales, económicas). Así, **las personas, al igual que toda forma de vida, simplemente no pueden existir sin relacionarse con otras especies o su ambiente.** Entre las diversas manifestaciones de esta dependencia, concentrémonos aquí en la crisis climática.

Actualmente, esta realidad es uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad, la cual tiene su origen en la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, y está potenciada por la eliminación y degradación de ecosistemas que actúan, naturalmente, como captadores y reservorios de gases de efecto invernadero (bosques, turberas, pastizales, humedales costeros). En otras palabras, se agudiza con la pérdida de biodiversidad. Una relación bidireccional pues, a su vez, el cambio climático es uno de los principales responsables de esta pérdida, afectando tres niveles: el desarrollo y las funciones vitales de individuos; la distribución, tamaño, forma en la que se estructuran y abundancia de sus poblaciones, y

las alteraciones en los ciclos naturales de los ecosistemas. Especialmente vulnerables al impacto del cambio climático son las especies que componen ecosistemas ya afectados por las actividades humanas.

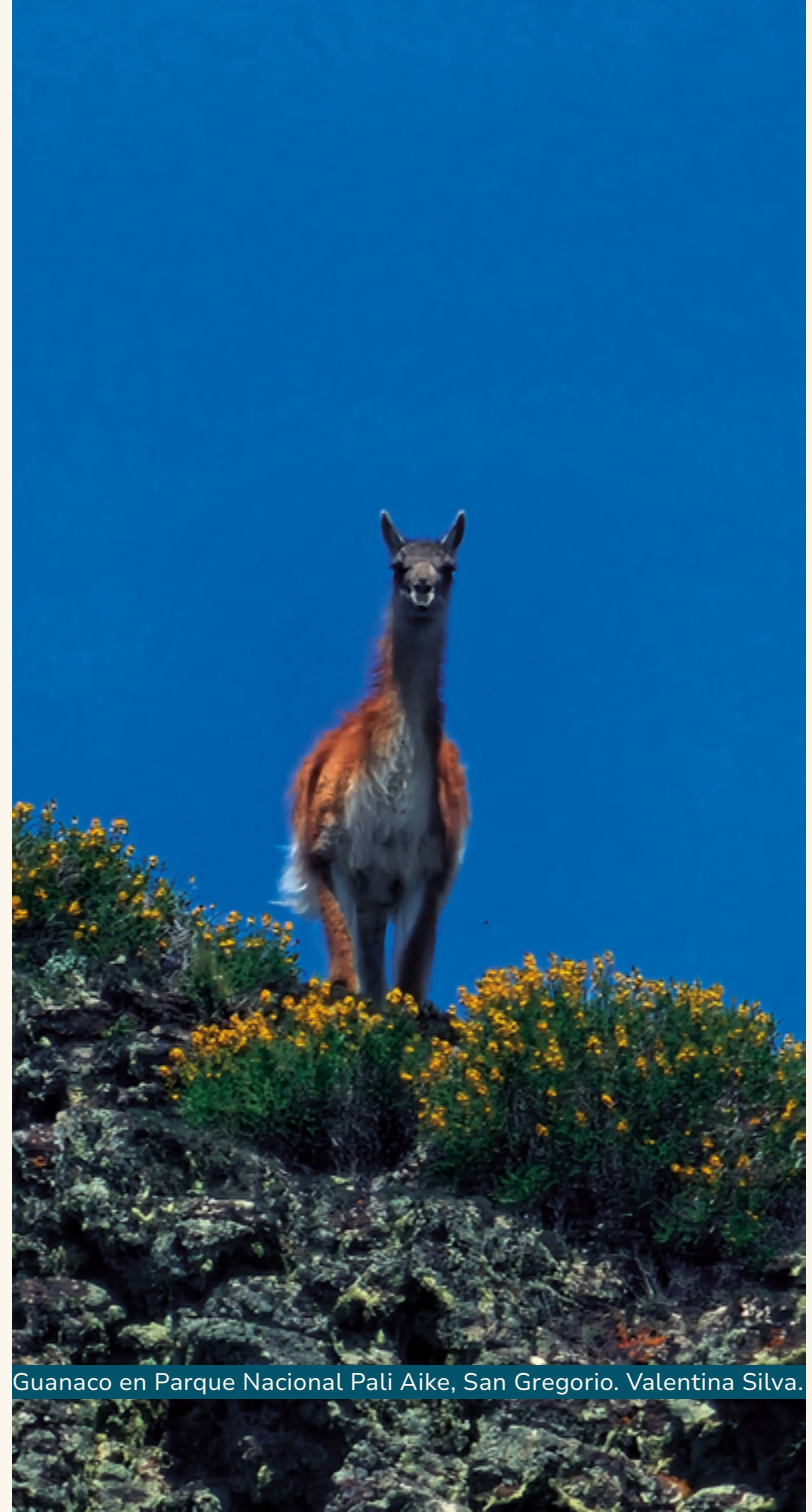
Por esto, si bien hoy es indispensable potenciar la transición hacia energías bajas en emisiones de carbono, también lo es detener activamente la pérdida de biodiversidad, para que dicha transición se desarrolle junto con su conservación y restauración. De este modo, no sólo se podrá evitar la liberación de enormes cantidades de carbono a la atmósfera, sino además fortalecer su captura y reserva, resguardando las contribuciones vitales que entregan los ecosistemas al ser humano, y la capacidad de adaptación de nuestra sociedad a los efectos del cambio climático (alimento, oxígeno, suelo, agua, protección frente a eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones, entre otros). En otras palabras, la transición energética sólo aborda la mitigación del cambio climático, mientras que la conservación y restauración de la biodiversidad abordan la mitigación tanto como la adaptación.

Es un hecho irrefutable que las sociedades y sus economías existimos en espacios ecológicos específicos, lo que mandata la necesidad de que exista un balance equitativo entre las políticas definidas a nivel global y nacional, y su implementación local. Sin embargo, **la propuesta actual de rápido despliegue de una industria de hidrógeno (H₂), producido a base de energías renovables en Chile y en forma disociada de los contextos ecológicos, no se hace cargo del mandato integrador de la crisis sistémica global, por lo que corre el riesgo de agravarla**, profundizando el fenómeno de deterioro de la naturaleza, a través de la afectación de los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos locales, todos importantes sumideros de carbono que, adicionalmente, cumplen funciones ecosistémicas críticas en nuestra región, y son esenciales para la seguri-

dad alimentaria, provisión de agua, desarrollo y bienestar local, e integridad social, entre otros aspectos.

Justamente, dado este carácter local, **la protección y restauración de la biodiversidad debe incluirse en la planificación de la transición energética, si se espera tener éxito en el abordaje de los desafíos del cambio climático. La sola reducción del uso de combustibles fósiles no va a resolver el problema, ni va a permitir la adaptación de los territorios a los cambios, muchos de los cuales ya están ocurriendo.** Esto es fundamental e intransferible para el bienestar y prosperidad de las comunidades y sus territorios. Tal como lo plantea el Reporte sobre Riesgos Globales del Foro Económico Mundial del año 2023, y como ha sido reconocido por el mundo científico: si fallamos en revertir la pérdida de biodiversidad, no será posible frenar el cambio climático.

La Patagonia, situada en el extremo austral del continente americano, constituye hoy un laboratorio natural privilegiado para reconstruir la historia de los glaciares y la evolución del clima del pasado en el hemisferio sur (Soteris et al., 2023). Reconstruir las condiciones climáticas pasadas, es fundamental para extender nuestros registros más allá del periodo instrumental, y encontrar eventos análogos que ilustren el funcionamiento del sistema climático global, lo cual resulta fundamental para proyectar los potenciales cambios ambientales del futuro.



Guanaco en Parque Nacional Pali Aike, San Gregorio. Valentina Silva.

¿Qué rasgos geológicos hacen único al paisaje magallánico de la estepa?

Rodrigo Soteres García^{a, b, c}

a. Centro de investigación GAIA-Antártica, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

b. Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Universidad de Magallanes, Puerto Williams, Chile.

c. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York, USA.

¿Por qué Patagonia es tan importante para el estudio del hielo del pasado?

En primer lugar, Patagonia presenta múltiples evidencias geológicas que dan cuenta de la existencia de un extenso cuerpo glacial en el pasado: el Manto de Hielo Patagónico. Gracias a ciertos elementos del paisaje patagónico, sabemos que este gran glaciar fluctuó repetidamente, al menos, durante los últimos ~3.5 millones de años, llegando a cubrir los Andes australes desde Temuco hasta Punta Arenas, y alcanzando el Océano Pacífico al oeste y las planicies estepáricas al este.

Dado que los glaciares responden a las condiciones climáticas, estudiar las fluctuaciones del Manto de Hielo Patagónico, podemos reconstruir el clima del pasado, y entender los mecanismos responsables de estos cambios climáticos planetarios. Por esta razón, la estepa patagónica ha captado el interés de varias generaciones de científicos desde hace más de un siglo, empezando por Darwin, quien elaboró el primer mapa geológico de la región.

¿Qué elementos de la estepa patagónica nos sirven para reconstruir la historia glacial y climática del hemisferio sur?

La rama de las ciencias naturales que estudia la superficie de la Tierra desde un punto de vista geológico, es conocida como geomorfología y, generalmente, llama ‘geoformas’ a los componentes del paisaje.

Geomorfológicamente hablando, el paisaje patagónico está dominado por la estepa, también llamada pampa, la cual se despliega como una vasta planicie cubierta de vegetación arbustiva, con una red hidrológica poco desarrollada. No obstante, al observar con atención, emerge una sorprendente diversidad de geoformas, muchas de ellas originadas por la actividad del antiguo Manto de Hielo Patagónico. Tras décadas de estudio, se ha descubierto que muchas de estas geoformas reflejan profundas interacciones entre los glaciares andinos, la atmósfera y los océanos, todos ellos componentes fundamentales del sistema climático planetario.

Por ejemplo, en la costa sur de Bahía Inútil, pueden observarse numerosos bloques de roca gris salpicando, extrañamente, el paisaje estepárico. Se trata de grandes bloques de granito que, por su composición y forma, resultan completamente “fuera de lugar” respecto a su entorno adyacente, lo que sugiere que provienen de otro lugar. En general, **este tipo de bloques son llamados “bloques erráticos”.** Darwin fue el primer científico en proponer una explicación para el origen de ellos en Bahía Inútil, sugiriendo que habrían sido transportados por grandes témpanos de hielo durante un periodo en que el nivel del mar era más alto. Hoy sabemos que fueron transportados por el Manto de Hielo Patagónico, probablemente, desde la Cordillera Darwin.

En otro ejemplo, las orillas del Estrecho de Magallanes están flanqueadas por grandes acumulaciones de sedimentos, que fueron depositadas en los márgenes del Manto de Hielo Patagónico. Estos depósitos dan lugar a unas colinas alargadas y de alturas uniformes conocidas como “morrenas”. Las morrenas son importantes, porque nos permiten inferir la geometría de los glaciares en el pasado y, por tanto, las condiciones climáticas necesarias para que los glaciares alcanzaran tales dimensiones. Así pues, cuanto más extensa sea la morrena, más grande es el glaciar y, por tanto, estará reflejando un periodo de mayor frío y humedad.

La estepa magallánica alberga algunas de las morrenas mejor conservadas del Hemisferio Sur, las cuales se formaron durante las últimas dos grandes glaciaciones. Por ejemplo, las morrenas que cruzan el Estrecho en Bahía Posesión, han sido fechadas en ~68000 años correspondientes a la penúltima glaciación. Más al interior, tanto la Primera como la Segunda Angostura, presentan grandes morrenas que datan de la última glaciación, entre 28000 y 18000 años. Este registro geomorfológico coincide con la existencia de un glaciar de hasta 2000 m de espesor en el Estrecho de Magallanes, asociado a un descenso de la temperatura media de ~6-8 °C en la región.

Otra geoforma tremendamente singular del Estrecho de Magallanes es visible desde el avión al llegar a Punta Arenas. Alrededor de la laguna Cabeza de Mar, existe un conjunto de colinas alineadas semejantes a “lomos de ballena” que, en geomorfología, son conocidos como “drumlins”. Estas acumulaciones de sedimentos de perfil asimétrico, se forman bajo grandes glaciares. Debido al movimiento del hielo, su geometría indica la dirección, sentido y velocidad del flujo glacial, permitiendo caracterizar glaciares del pasado. **Es muy probable que el campo de drumlins de Cabeza de Mar sea el mejor ejemplo,**

tanto en número como en estado de conservación, de esta geoforma en el Hemisferio Sur, aunque sigue siendo escasamente estudiado.

¿Cómo puede afectar la estepa patagónica al clima planetario?

La estepa también juega un rol fundamental en la dinámica oceánica y atmosférica del Hemisferio Sur. En años recientes, se ha descubierto que el polvo generado en la estepa constituye uno de los nutrientes preferidos de numerosos microorganismos marinos involucrados en un mecanismo conocido como “bomba biológica”. **Este proceso es capaz de retener grandes cantidades de carbono proveniente de la atmósfera en forma de CO₂, por lo tanto, tiene una gran influencia en la regulación del ciclo del carbono y, consecuentemente, en el clima del planeta.** Así pues, se estima que el ~70% del polvo que activa la bomba biológica durante las glaciaciones, se genera debido a la acción de los glaciares avanzando sobre las estepas patagónicas hacia los océanos Atlántico y Austral por los vientos del oeste, en lo que se ha venido a llamar la “máquina de polvo patagónica”.

A modo de conclusión, lejos de ser un paisaje “vacío”, la estepa patagónica es un archivo privilegiado para entender el funcionamiento de diversos subsistemas naturales, como la criosfera, la atmósfera y la hidrósfera. Sus geoformas ofrecen claves fundamentales para reconstruir numerosos procesos ambientales, con implicancias directas en los sistemas socionaturales de la América austral, incluyendo la evolución climática del pasado y el funcionamiento de los mecanismos subyacentes.

Así pues, proteger la integridad territorial y geológica de la estepa, otorga una fantástica oportunidad para responder preguntas fundamentales, que garantizarán el bien-

estar común y la posibilidad de un desarrollo responsable y respetuoso con el entorno. **Por estas razones, y porque el paisaje estepárico ha forjado la identidad patagónica, es que la estepa merece ser entendida y preservada en profundidad.**



Zapatito de la Virgen (*Calceolaria uniflora*). Estepa florida.

¿Tiene la estepa magallánica algún valor para la sociedad?

Javiera Constanzo Chávez & Catherine Dougnac Opitz

Wildlife Conservation Society (WCS) Chile

Entre las principales estrategias para abordar la crisis climática se encuentran la conservación y restauración de ecosistemas, siendo clave fortalecer aquellos que posean el potencial de ser más resilientes. En este sentido, **la información científica disponible indica que los pastizales son uno de los amortiguadores más económicamente viables para combatir el cambio climático.**

Pero ¿qué es la estepa? La estepa es un tipo de pastizal que se desarrolla en climas fríos, con baja humedad. Presenta arbustos, pero no árboles, y las hierbas son de baja altura. En Magallanes, ha evolucionado para prosperar en climas semiáridos, lo que la hace muy resiliente ante los desafíos de la sequía. Incluso ante el fuego, convirtiéndola en un sumidero de carbono (C) más confiable que algunos ecosistemas de bosque, los que son menos resilientes y más sensibles a los cambios ambientales del siglo XXI.

Hoy, pese a que la estepa es uno de los ecosistemas más degradados de Chile, se encuentra entre los cinco con mayor contenido promedio de Carbono Orgánico en el Suelo (COS), siendo superior a lo encontrado en paisajes que se ven más frondosos y verdes -como el matorral arborecente o el bosque esclerófilo. El 90% del carbono en estos ecosistemas, se almacena bajo el suelo. De hecho, los

pastizales de la Patagonia chilena contienen tanto o más COS que los suelos forestales, y lo almacenan más que los bosques mixtos patagónicos. **A nivel global, se ha determinado que la restauración de pastizales es la medida con mayor potencial de capturas de C, con un aporte mínimo de 2.300 millones de toneladas de CO₂eq al año, lo que equivale al aporte en reducción de emisiones de 580 mil aerogeneradores en un año.**

La estepa también tiene efectos en procesos ecológicos a escala paisajística (polinización), regional (ciclo del agua, regulando el caudal de arroyos en la estación lluviosa, y manteniéndolos durante las estaciones secas) y mundial (regulación del clima y almacenamiento de carbono terrestre). Asimismo, la fauna es parte de este ecosistema y, por lo tanto, de su integridad para proveer las mencionadas contribuciones, gracias a especies altamente adaptadas a condiciones de fuertes vientos, baja precipitación y temperaturas. Ejemplos de ello son el tuco-tuco, el chorro de Magallanes, la lagartija de Magallanes, el sapito de cuatro ojos del sur y el escarabajo estercolero. Emblemas de la estepa son también los guanacos, ñandúes, zorros, chingues y los armadillos peludos que, por su tamaño y hábitos, son relativamente fáciles de observar, ofreciendo oportunidades de desarrollo turístico a partir de su avistamiento y contemplación.

Todo lo mencionado son contribuciones fundamentales para las personas, que permiten la adaptación y desarrollo de las comunidades locales. Pese a ello, peyorativamente se considera que la estepa es “un peladero”, debido a la falta de entendimiento respecto de su valor para el bienestar humano actual y futuro.

Restaurar y conservar la estepa permitiría no sólo que capturen y almacenen mayor contenido de carbono, sino también que ofrecieran mayor cantidad y calidad de vege-

tación, la cual protege al suelo del viento y la escorrentía del agua, previniendo así la erosión, y permitiendo la formación de suelo (un recurso escaso y no renovable) y la mantención de su fertilidad. Por esto, los pastizales promueven la economía y soberanía alimentaria local (fibra, carne y leche). Y si bien altas cargas de ganado son negativas para la estepa, la evidencia indica que la ganadería puede ser también parte de la solución, a través de la optimización del pastoreo (intensivo rotativo), que promueve y aumenta el potencial de secuestro y almacenamiento de COS.

En línea con las diferentes metas y estrategias que Chile ha definido para avanzar en la mitigación y adaptación a la crisis climática¹, **hoy existe evidencia suficiente que muestra que, en un mundo cambiante, invertir en la conservación y restauración de la estepa -desarrollando sistemas productivos sostenibles que contribuyan a aumentar la resiliencia del territorio- es un auspicioso espacio de crecimiento, mitigación y adaptación regional.**



Parque Nacional Pali Aike. Salida a terreno. Nov., 2024.



Comisión Regional de Uso de Borde Costero (CRUBC) aprueba concesión marítima para nuevo puerto en Punta Arenas. Abril, 2025.

72.000 Hectáreas!

= Urbana de
21 veces ÁREA URBANA
Punta Arenas

¿AVES MIGRATORIAS?
SERVIDOR, ALGUN
SERVIDOR?
BAHIA LOMAS
C. Colorado

Belleza
Francia
Austria

Capítulo 2: Planificación y gobernanza del proceso

Hidrógeno en Magallanes: ¿Un proceso planificado?

Gabriela Cabaña Alvear^a & Felipe Pino Zúñiga^b

a. Ciudadanía Inteligente, Área de Incidencia en Democracia Ambiental, Santiago, Chile.

b. ONG FIMA, Equipo de Programa, Santiago, Chile

La intención de desplegar una industria de hidrógeno “verde” en Magallanes no ha sido fortuita. Es producto de una serie de decisiones públicas en múltiples niveles, incluyendo una esfera internacional, nacional, regional y comunal. Sin embargo, ¿es posible afirmar que la agenda para el desarrollo del hidrógeno en Chile y su región austral, es producto de un proceso planificado? Para responder esa pregunta, es necesario comprender primero qué entendemos por planificación pública, para luego analizar qué origen y objetivos ha tenido el despliegue de una industria del hidrógeno en Magallanes.

¿Qué debemos entender por planificación?

La planificación como concepto suele vincularse a tres ideas principales: 1) Las necesidades sociales aumentan gradual y permanentemente; 2) Los recursos necesarios para satisfacer esas necesidades son finitos; 3) El Estado tiene la obligación de tomar medidas para asegurar una administración racional y eficiente de los limitados recursos existentes en su territorio. Así, la planificación

pública se entiende como el proceso mediante el cual el Estado, en cualquiera de sus niveles y sectores, identifica las necesidades de la sociedad (o de un sector de ella), y establece una serie de objetivos, estrategias y acciones para su satisfacción.

Complementariamente, **la idea de planificación contiene, en su esencia, un objetivo de anticipación: al proyectarse un potencial conflicto o incompatibilidad entre la satisfacción de dos necesidades sociales, se toman medidas para asegurar que ninguna de ellas se vea desproporcionadamente afectada por permitir la satisfacción de la otra.** El ejemplo paradigmático de este proceso ocurre en el ordenamiento territorial, en el cual la autoridad (nacional, regional o comunal) debe definir “usos de suelo”, para asegurar la compatibilidad de distintos intereses y actividades en un territorio determinado.

A su vez, el ejercicio de planificación puede incorporar valores u objetivos más allá de la eficiencia. De hecho, es normal encontrar procesos de planificación con “apelido” (usualmente un adjetivo calificativo), tales como “participativa”, “sostenible”, “integral”, “innovadora”, entre otros. Así, naturalmente, cada autoridad a cargo de un proceso de planificación impondrá ciertos valores o principios como bases mínimas, que suelen reflejarse tanto en el proceso mismo de planificación, como en el resultado de dicho ejercicio.

¿Es la apuesta por hidrógeno “verde” el resultado de un proceso planificado?

Teniendo en cuenta lo que implica un proceso de planificación, cabe evaluar su aplicación en el caso del hidrógeno en Chile y la región de Magallanes. Para comenzar, es necesario recordar que la propuesta de desarrollar hidrógeno a gran escala, se enmarca en un proceso sumamente complejo y de alcance global: la necesidad de que nuestros sistemas energéticos abandonen el uso de los combustibles fósiles.

Considerando que el hidrógeno “verde” se propone como una pieza importante en el puzzle de la transición hacia las energías renovables (y economías bajas en carbono), primero debemos preguntarnos **¿está siendo la transición energética un proceso planificado? Sí y no.** No cabe duda que la transición energética es una estrategia clave para abordar la crisis provocada por los combustibles fósiles, de la cual se tiene conocimiento desde, al menos, la década de los 70'. Luego de muchos años de inacción, los primeros esfuerzos importantes de transición se remontan a finales del siglo XX, pero sólo en la últimas décadas se manifiesta un escalamiento significativo de las energías renovables, particularmente, desde la suscripción del Acuerdo de París, y luego una catalización como resultado de la “crisis energética europea” provocada por la guerra ruso-ucraniana y reactivación post-pandemia. Recientemente, en la 28ª Conferencia de las Partes, los Estados parte acordaron triplicar las energías renovables a 2030.

En ese sentido, **la transición energética, más que el resultado de un cálculo anticipado, es una respuesta técnica-política tardía a una crisis bien alertada, y que sólo**

se acelera bajo una agenda de “seguridad energética” y una redistribución de intereses a nivel geopolítico. Al mismo tiempo, si bien el Acuerdo de París aporta significativamente al establecer una meta —limitar el aumento de la temperatura global a 1.5 - 2.0 grados Celsius— la planificación para llegar a dicho objetivo ha sido delegada, completamente, a los Estados parte. En ese contexto, el desarrollo y exportación de hidrógeno “verde”, aparece en los últimos años como la “pieza faltante del puzzle” para lograr dos principales objetivos: (1) Acelerar la transición para asegurar una seguridad energética en ciertas regiones, y (2) avanzar hacia la descarbonización de tecnologías no electrificables, para facilitar la carbono-neutralidad de ciertos sectores industriales. En ese contexto, Chile ha sido reconocido por el Consejo Mundial de la Energía como el “campeón escondido” de la energía renovable, y como un candidato clave en el establecimiento de la cadena de valor global del hidrógeno.

¿Existen instrumentos de planificación a nivel nacional para abordar la transición energética?

A pesar de que la decisión de llevar a cabo un proceso de transición energética es producto de un proceso más político que planificado, lo cierto es que su implementación requiere de una planificación energética importante para asegurar la provisión de servicios energéticos, y evitar el colapso de los mismos. Al mismo tiempo, dicha planificación requiere ser contrastada con un ordenamiento territorial robusto para prevenir incompatibilidades o conflictos con otros usos del territorio. En Chile, la regulación y gestión de estas necesidades se lleva a cabo, principal-

mente, a través de los llamados “instrumentos de planificación territorial” (IPT) y de planificación energética. Sin embargo, **es sabido que el sistema de ordenamiento territorial chileno presenta debilidades y retrasos en su implementación, y Magallanes tiene un contexto particularmente debilitado.**

La Política Nacional de Ordenamiento Territorial da lineamientos a nivel nacional, pero relega la planificación energética a los ministerios y a la normativa sectorial que corresponda. A nivel regional, existe el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT), que tiene por objetivo velar por la compatibilidad territorial de los proyectos de inversión que rigen en los sectores no urbanos (éstos tienen sus propios instrumentos, como el Plan Regional de Desarrollo Urbano y el Plan Regulador Comunal). Sin embargo, hoy no existen PROTs vigentes en ninguna región, incluyendo la de Magallanes. Los esfuerzos para crearlos en la última década no han llegado a término, lo que significa que, en la práctica, la industria del hidrógeno se ha construido sin zonificaciones claras respecto a la vocación territorial del vasto territorio magallánico, ya que la totalidad de los proyectos buscan instalarse en territorio rural.

¿Qué tipo de instrumentos han guiado el despliegue de la industria del hidrógeno “verde” en Magallanes?

Es importante situar lo que ha sido la promoción del hidrógeno en el contexto más amplio de planificación energética nacional. En Chile, existen dos procesos clave que marcan el avance de la infraestructura energética: uno

es la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) que se actualiza cada cinco años, y da lineamientos y escenarios de proyección energética —oferta, demanda, sistema eléctrico, transmisión y polos de desarrollo de generación eléctrica— a un horizonte de 30 años. Otro es la Propuesta de Expansión de la Transmisión, que prepara el Coordinador Eléctrico Nacional a partir de las orientaciones del PELP, respecto a los cambios en la infraestructura energética nacional.

Por centrarse en un Sistema Eléctrico Nacional al que Magallanes no está conectado, ambos procesos no se enfocan en las necesidades y características específicas de la región, que debería poseer una política energética propia. Sin embargo, el Plan Estratégico de Energía Regional (PEER) de Magallanes se encuentra, a mayo de 2025, aún en confección¹⁰. El documento vigente más reciente, “Política Energética Magallanes y Antártica Chilena 2050” (Ministerio de Energía, 2017), fue confeccionado durante 2015 y 2016, y apenas menciona una vez la palabra “hidrógeno”. Vale decir, hasta hace diez años, la creación de una industria de hidrógeno “verde” de escala masiva, no se imaginaba en el futuro de Magallanes.

En ese contexto, **el lanzamiento de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde el 2020 no surge de ningún diagnóstico o necesidad identificada previamente, a ni-**

¹⁰La última información pública disponible refiere a la realización de talleres para el Plan Estratégico <https://energia.gob.cl/noticias/magallanes-y-de-la-antartica-chilena/exitoso-cierre-tuvo-la-2da-ronda-de-talleres-del-plan-estrategico-de-energia-para-magallanes>

vel regional o nacional. Si bien este vector energético se insertó bajo el objetivo de “electrificación” (indirecta) en la demanda nacional futura de energía en la PELP 2023-2027, el uso del hidrógeno para este fin no está probado a nivel de viabilidad tecnológica. Tampoco ha sido ése el objetivo de los proyectos hasta ahora ingresados a evaluación ambiental en Magallanes. Todos se han planteado con un horizonte de exportación a gran escala, que responde al contexto global —especialmente europeo— señalado al comienzo de esta sección. La Unión Europea y países de ese continente han sido los principales socios comerciales con los que se han firmado memorándums de entendimiento, y realizado actividades de cooperación internacional para facilitar la habilitación de esta industria. El hidrógeno también figuró en la actualización del Acuerdo Marco Avanzado entre la Unión Europea y Chile.

Adicionalmente, el Plan de Acción de Hidrógeno Verde —diseñado en 2023 y lanzado el 2024— fue planteado como un documento que daría más sustento institucional y estructura al desarrollo de esta industria en el corto plazo. Entre otras cosas, se puso como objetivo la incorporación del hidrógeno en varios instrumentos de planificación que se encuentran en proceso de elaboración: en el PEER de Magallanes, el Plan Maestro Logístico (de la zona Sur Austral, que abarca de Los Lagos a Magallanes) y la Zonificación de Borde Costero de Magallanes.

¿Quiénes compiten en esta carrera?

Una de las iniciativas que grafica lo que sucede cuando, tempranamente, se intenta promover el rápido despegue

de una industria en un contexto de falta de instrumentos de planificación vigentes y robustos, es “Ventana al Futuro”. Este proceso fue inaugurado en 2021, poco después del lanzamiento de la Estrategia Nacional. Estableció un período excepcional de asignación directa de terrenos fiscales, para el desarrollo de proyectos de hidrógeno y derivados, incluyendo la infraestructura energética asociada a la síntesis de este vector.

Postularon a las concesiones 16 proyectos, uno de ellos en Magallanes. **Ninguno de los terrenos licitados fue evaluado ambientalmente (ni en ningún ámbito) antes de ser ofrecido para la asignación. Como resultado, un terreno que se encuentra muy cerca del sitio Ramsar Bahía Lomas, fue adjudicado por Nordex Energy Chile S.A.** Si bien ésta y otras iniciativas públicas han estado rodeadas de una retórica relacionada a la acción climática, la necesidad de un despliegue rápido de la industria se relaciona mucho más con necesidades de los propios inversionistas, de posicionarse en lo que, se espera, sea un competitivo mercado global de nuevos energéticos supuestamente “verdes”.

Por lo tanto, la promoción del hidrógeno en Magallanes, así como otras regiones del país identificadas como “núcleos” de desarrollo de este energético —notablemente Antofagasta se ha hecho siguiendo un vacío de planificación importante. O mejor dicho, se ha planificado indirectamente por la vía de los diferentes instrumentos de promoción que han tenido como objetivo grandes inversores internacionales del hidrógeno. Las necesidades concretas de descarbonización de Magallanes han figu-

rado, en el mejor de los casos, en propuestas puntuales y testimoniales.

En síntesis, la incorporación del desarrollo del hidrógeno en instrumentos de planificación se ha hecho de manera tardía, con varios procesos todavía inconclusos, y una industria presionando para avanzar, rápidamente, con proyectos de gran envergadura. Mientras, el Estado se ha limitado a ser un incentivador de la inversión, y son los dueños de los capitales quienes deciden qué lugares abordar, sobre la base de sus expectativas de **retorno monetario futuro**. Cualquier iniciativa que pretenda seguir promoviendo el desarrollo de esta industria en la región de Magallanes, deberá abordar las falencias aquí descritas, considerando que sólo un proceso de planificación democrático, claro y, por sobre todo, previo, puede sostener el éxito de políticas públicas transformadoras.



Cerro de la Cruz, Punta Arenas. Valentina Silva.

¿Cumple la política del hidrógeno “verde” en Chile con los principios de la gobernanza climática?

Antoine Maillet^{a, b, c} **Valentina Cariaga Cerda**^{d, e} **Gustavo Blanco Wells**^{b, f, g}, **Rodolfo Sapiains Arrue**^{b, h, i, j}

- a. Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Santiago, Chile.
- b. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², Santiago, Chile.
- c. Centro de Estudios de Conflicto y Cohesión Social (COES), Santiago, Chile.
- d. Universidad San Sebastián, carrera de Administración Pública, Santiago, Chile.
- e. Colectivo de Estudios Políticos Ambientales (CEPA), Chile.
- f. Universidad Austral de Chile, Instituto de Historia y Ciencias Sociales, Valdivia, Chile.
- g. Asesor externo del Panel Ciudadano sobre Hidrógeno en Magallanes, Magallanes, Chile.
- h. Universidad de Chile, Departamento de Psicología, Santiago, Chile.
- i. Universidad de Magallanes, Magallanes, Chile.
- j. Nodo Austral para el Desarrollo CTCL en Magallanes, Magallanes, Chile.

Este documento se fundamenta en el Análisis CR2 “La promoción del hidrógeno “verde” frente a la gobernanza climática: entre las promesas y la incertidumbre”.

Ante el desafío urgente del cambio climático, el hidrógeno “verde” se ha posicionado como una posible solución energética de bajas emisiones. Este vector energético se genera a partir de fuentes renovables, y se propone como reemplazo de los combustibles fósiles, siendo útil como combustible directo y también como insumo en procesos industriales. **En Chile, se ha proyectado que el país podría convertirse en líder mundial en esta industria. Sin embargo, junto a las promesas de desarrollo económico y sostenibilidad, surgen importantes interrogantes sobre sus verdaderos impactos y su coherencia con los principios de una gobernanza climática responsable.**

¿Participa el Estado chileno en el desarrollo del hidrógeno “verde”?

En los últimos años, el Estado chileno ha desplegado una ambiciosa agenda para promover el hidrógeno denominado “verde”. Se han creado políticas públicas, firmado acuerdos internacionales, establecido alianzas público-privadas, y canalizado grandes sumas de dinero hacia esta industria. Destacan la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, un acuerdo con la Unión Europea y numerosos memorandos con países como Alemania, Países Bajos, Reino Unido, Singapur y Corea del Sur. Empresas públicas como ENAP, han colaborado con actores privados para desarrollar infraestructura clave, como plantas de e-combustibles, carreteras y puertos.

CORFO ha sido un actor fundamental, destinando 75 millones de dólares a proyectos relacionados, mientras que entidades como el Banco Mundial y el BID han

comprometido préstamos por mil millones de dólares.

Además, se ha promovido la formación técnica en universidades regionales, como la Universidad de Magallanes, para preparar capital humano especializado.

No obstante, **esta aceleración en la planificación y el financiamiento, contrasta con la escasa discusión pública sobre los riesgos socioambientales, la viabilidad tecnológica y el aporte real de esta industria a la descarbonización global.**

¿Se ajusta la promoción estatal del hidrógeno “verde” con los principios de la gobernanza climática?

Según la definición del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia CR(2), la gobernanza climática consiste en el “sistema de procesos e instituciones orientadas a tomar decisiones y a planificar, coordinar, financiar, aplicar, evaluar y refinar acciones (políticas, instrumentos, intervenciones, etc.) a corto, mediano y largo plazo, orientadas a promover la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos en el ámbito de cada elemento, y de manera integrada”. Esta propuesta de gobernanza climática se basa en los principios de enfoques anticipatorio y territorial, y en una buena administración.

El enfoque anticipatorio implica tomar medidas con anterioridad, considerando los escenarios futuros en las decisiones adoptadas en el presente, con miras a disminuir o moderar los efectos del cambio climático, y aumentar la resiliencia (principio preventivo). Esta orientación debe operar incluso ante la incertidumbre científica (principio

precautorio).

El principio de enfoque territorial consiste en aportar medidas de mitigación, adaptación y capacitación pertinentes a la realidad de cada territorio, desde una óptica sistémica, reconociendo las distintas interrelaciones socio-ecológicas que lo constituyen, y promoviendo coordinación multi-escalares, que tomen en cuenta las dinámicas y límites propios de los sistemas socio-ecológicos.

La buena administración conlleva la capacidad de ser racional, objetiva, transparente, coordinada, eficiente y eficaz; fundarse en la mejor evidencia científica disponible; integrar los conocimientos locales y tradicionales, e incentivar una participación efectiva, el reconocimiento de perspectivas minoritarias (comunidades indígenas) y la transparencia y rendición de cuentas activa.

Por último, la Gobernanza Climática debe ser integrada, entendiendo la necesidad de una visión holística para los sistemas socioecológicos, y centrando los esfuerzos en principios que equilibren el bienestar del ser humano y la conservación de la naturaleza.

Al revisar la estrategia del hidrógeno “verde” desde esta perspectiva, surgen numerosas tensiones que sugieren que las decisiones estatales han priorizado el voluntarismo político por sobre el análisis técnico. Se han proyectado metas ambiciosas, como convertir a Chile en líder mundial, y alcanzar precios competitivos antes de 2030, sin pruebas claras de su factibilidad comercial y técnica, además de dudas razonables de su real aporte

a la descarbonización. De hecho, estudios recientes sugieren que el hidrógeno en la atmósfera podría incluso agravar el calentamiento global, si no se controla adecuadamente su transporte y almacenamiento.

Además, los impactos locales no han sido suficientemente considerados. Las regiones de Antofagasta y Magallanes, que se proponen como centros de producción, enfrentan una alta carga de actividades extractivas que ya afectan sus ecosistemas. La posible instalación masiva de infraestructura energética —aerogeneradores, desaladoras, electrolizador, planta de amoníaco— sobre decenas de miles de hectáreas, podría implicar una transformación radical del paisaje, la biodiversidad y la vida cotidiana de las comunas en que se desarrollen estas inversiones.

¿Cuáles son los riesgos para los territorios para los cuales no hay resguardos?

La magnitud de los proyectos planificados en zonas como Magallanes es preocupante. Tal como se indicaba en la Introducción de este texto, sólo los proyectos hasta ahora ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), ocuparían más de 93.000 hectáreas, el equivalente a más de 22 veces el área urbana de Punta Arenas. **La falta de estudios de impacto ambiental profundos y actualizados, sumada a la ausencia de mecanismos para evaluar efectos acumulativos, plantea el riesgo de convertir estos territorios en nuevas “zonas de sacrificio verde”.**

En el norte, el problema se agrava por la coexistencia con industrias como la minería del cobre y del litio, que también requieren grandes volúmenes de agua, muchas veces extraída del mar mediante desalinización. No existen actualmente mecanismos regulatorios que evalúen el efecto combinado de todas estas actividades en la región costera.

En términos de empleo, aunque se proyecta la creación de miles de puestos laborales, las cifras son dispares y, muchas veces, sobreestimadas. **En Magallanes, la industria calcula que serían necesarios entre 13 mil y 100 mil trabajadores, pero se advierte que gran parte del personal provendría de fuera de la región, afectando la oferta de servicios públicos y el costo de la vida, y pudiendo provocar cambios culturales que transformarían o tensionarían el tejido social local.**

¿Es razonable que el Estado entregue este apoyo masivo?

Más allá de las cuestiones ambientales, persisten dudas estructurales sobre la viabilidad económica del hidrógeno “verde”. La Plataforma H2LAC ha identificado cinco riesgos clave: costos iniciales elevados, tasas de interés desfavorables, falta de mercado consolidado, riesgos políticos y baja demanda. A nivel global, apenas un 4% de los proyectos propuestos en 2023, logró avanzar a la fase de inversión definitiva. **El hidrógeno “verde” sigue siendo significativamente más caro que otras fuentes de energía, lo que limita su competitividad.** Expertos han señalado que la tecnología aún no tiene comprado-

res suficientes, lo que impide su despegue comercial. De hecho, dos de los tres proyectos ingresados al SEIA Magallanes, tienen como principal objetivo producir y exportar amoníaco y no hidrógeno (sólo HIF, proyecto más pequeño, declara producción de combustible), lo cual puede evidenciar un giro comercial asociado a la ya mencionada falta de mercado para comprar hidrógeno a nivel internacional, que también genera serias dudas respecto a la contribución del amoníaco, cuyo uso principal es como fertilizante en la carbono neutralidad.

A pesar de este panorama incierto, el Estado chileno ha destinado grandes recursos públicos para fomentar esta industria, sin garantizar que los beneficios compensen o justifiquen los riesgos. Esta situación refleja una falla en el enfoque anticipatorio de la gobernanza climática, que debería priorizar la planificación fundada en escenarios de incertidumbre y evaluación de impacto, antes de tomar cualquier decisión de la escala que la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde propone.

Además, un principio central de la buena gobernanza climática es la inclusión de las comunidades y grupos sociales vulnerables en la toma de decisiones. En el caso del hidrógeno “verde”, las comunidades de Magallanes y Antofagasta no han sido consultadas, de manera oportuna y efectiva, antes de definir las políticas e inversiones. Las instancias de participación han sido informativas, no deliberativas, y posteriores a las decisiones clave respecto a la instalación de esta industria.

Paralelamente, existen dudas sobre la capacidad insti-

tucional para enfrentar el desafío regulatorio. El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) se ve desafiado por la actual normativa, que no permite abordar, adecuadamente, proyectos complejos como los de hidrógeno, pues abarcan múltiples componentes interrelacionados (por ejemplo, parques eólicos, con refinerías de amoníaco, puertos, plantas desalinizadoras, etc.). **Incluso, actores de la industria han pedido regulaciones más claras, tanto para ofrecer certezas jurídicas como para proteger el entorno.**

¿Cuáles son las alternativas y exigencias desde la sociedad civil?

Frente a esta situación, diversas organizaciones han emitido alertas sobre el impacto potencial de esta industria en el medio ambiente y las comunidades locales. Se ha advertido que, en nombre del cambio climático, se podrían justificar prácticas que perpetúan la lógica extractivista bajo una nueva bandera: la de la transición energética “verde”.

En lugar de reproducir esquemas que han generado desigualdades y deterioro ambiental, se requiere un enfoque que considere los límites ecológicos y sociales de los territorios. Esto implica detener el avance de megaproyectos hasta contar con salvaguardas mínimas, información científica adecuada y mecanismos reales de participación ciudadana.

La instalación de esta industria debe responder a una planificación integral que incorpore aspectos ambienta-

les, sociales y económicos de forma balanceada. Punta Arenas, por ejemplo, ya cuenta con buena calidad de vida y bajo desempleo, por lo que la promesa de progreso económico a costa de una intervención mayor sobre el territorio de la provincia de Magallanes, no resulta tan clara. En cambio, sí existen riesgos de desequilibrio demográfico, presión sobre servicios básicos, conflicto social y limitaciones a otras potencialidades de desarrollo regional, por ejemplo, el turismo de naturaleza.

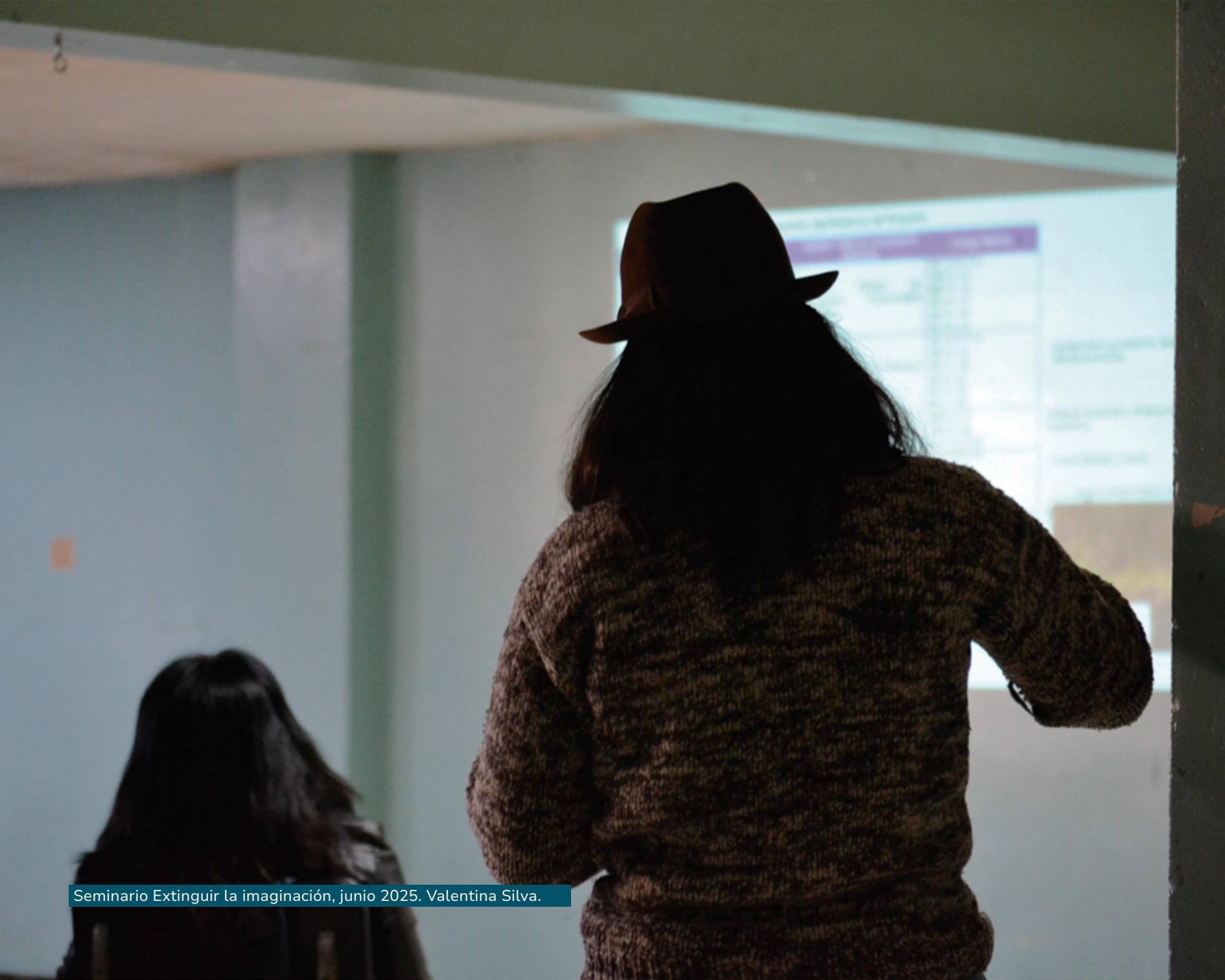
¿Hacia una gobernanza climática efectiva?

El desarrollo del hidrógeno “verde” en Chile representa una oportunidad, pero también un desafío ético y político. Para que esta industria contribuya, realmente, a la mitigación del cambio climático y al bienestar de las comunidades, debe estar alineada con una gobernanza climática que combine anticipación, equidad territorial y administración responsable.

No se trata de rechazar la innovación energética, sino de promoverla bajo condiciones que aseguren justicia ambiental y viabilidad a largo plazo. En este contexto, el enfoque de gobernanza climática es más necesario que nunca: requiere planificación coherente, decisiones basadas en la mejor evidencia científica disponible, evaluación rigurosa y diálogo genuino con los territorios. Sólo así se podrá avanzar hacia una transición energética justa, inclusiva y verdaderamente sostenible.



Aerogenerador del Parque Eólico Vientos Patagónicos, Cabo Negro.



Seminario Extinguir la imaginación, junio 2025. Valentina Silva.

RUTAS
USADAS X TODOS LOS PROYECTOS
= RETRASO EN TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO
= PASAR ENTRE TORRES EÓLICA

hidrógeno para Magallanes?
la región de Magallanes y la Antárt

Capítulo 3: Impactos sociales

¿Qué implicancias sociales podría tener la instalación de la industria del hidrógeno en Magallanes?

Claudia Alonso García^{a,b} & Marcelo López Saldías^c

- a. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², Chile.
- b. Universidad de Chile, Santiago, Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago, Chile.
- c. Universidad de Chile, Departamento de Antropología, Santiago, Chile.

El despliegue de la industria del hidrógeno “verde” en la región de Magallanes, se proyecta como una transformación profunda del territorio, con repercusiones locales múltiples, acumulativas y de largo plazo sobre la vida cotidiana de las comunidades. Los principales impactos identificados hasta la fecha, están asociados al uso del suelo, al acceso a servicios, al empleo, a la movilidad y al tejido sociocultural, especialmente, en las comunas de San Gregorio y Punta Arenas, donde se emplazan los proyectos de mayor escala.

Los impactos identificados a la fecha en la documentación de tres proyectos que han ingresado al Servicio de Evaluación Ambiental, corresponden apenas a una frac-

ción de los que puede generar un desarrollo mayor de la industria en la región, considerando las iniciativas que se encuentran en fases previas a la presentación de su Estudio de Impacto Ambiental (EIA), además de las metas establecidas en la Estrategia Nacional del Hidrógeno Verde.

¿Qué impactos podría tener la industria del hidrógeno sobre la vida cotidiana de las comunidades locales?

Los proyectos en Magallanes —como H2 Magallanes (Total Energies), HNH Energy (HNH), Planta Cabo Negro y Faro del Sur (HIF Global)— implican la reconversión de vastas extensiones de suelo ganadero hacia usos industriales, como generación eólica, plantas de electrólisis, producción de amoníaco y metanol, y puertos de exportación. **Esta transformación podría traducirse en la compactación de suelos, pérdida de biodiversidad, interrupción de rutas migratorias de aves, alteración del valor paisajístico y reducción del acceso al borde costero.**

En el caso de HNH Energy, el Estudio de Impacto Ambiental señala afectaciones al paisaje, sitios arqueológicos y culturales, y una transformación del ecosistema que impacta la continuidad de prácticas tradicionales como la ganadería. Esta situación podría generar una desconexión simbólica con el territorio, afectando el sentido de pertenencia de las comunidades, cuya identidad ha estado históricamente ligada a las estancias y al ecosistema patagónico.

1. Presión sobre servicios y calidad de vida

Durante la fase de construcción, se proyecta la llegada de miles de trabajadores externos. H2 Magallanes contempla un máximo de 10.000 trabajadores, y HNH Energy entre 2.400 y 4.000, cifras que superan con creces la población residente de San Gregorio (241 personas censadas, según Censo 2024). Aunque los proyectos consideren campamentos, los informes reconocen que esta afluencia generará una sobrecarga sobre servicios de salud, transporte, vivienda y alimentación.

En Punta Arenas, el proyecto “Planta de combustibles carbono neutral Cabo Negro” de HIF Global, implicará cortes periódicos de tránsito en la Ruta 9 por transporte de carga sobredimensionada, afectando la conectividad, y generando riesgos en la movilidad cotidiana, pese a que los horarios están restringidos a la noche. Una situación similar ocurre con la Ruta CH-255, con el aumento de tránsito de transporte de carga sobredimensionada asociadas a los proyectos HNH y H2 Magallanes, a los

que se podrían sumar otras iniciativas que aún no han sido presentadas. **Esta presión vial podría generar efectos en la vida cotidiana de comunidades que dependen de Punta Arenas para la provisión de servicios e, incluso, aumentar la vulnerabilidad de las comunidades, al restringir su tránsito por vías estructurantes en caso de emergencia.**

El aumento de la población flotante y de la demanda de bienes y servicios, podría provocar también alzas en el costo de vida y la vivienda, especialmente, en una región que ya enfrenta dificultades estructurales de abastecimiento. Esto ha sido reportado como una preocupación clave en los Diálogos País 2022-2023, donde se advirtió sobre la “posible saturación de los servicios públicos” y la pérdida de capacidad de respuesta del sistema local.

Este aspecto es relevante al tomar en consideración los resultados del Índice de Calidad de Vida Urbana 2024 (ICVU). El estudio mide el desempeño de las comunas con, al menos, 50 mil habitantes en torno a 36 variables

Tabla 2. Punta Arenas (Ciudad Intermedia)

Dimensión	Conectividad y Movilidad	Vivienda y Entorno	Condiciones Laborales	Ambiente de Negocios	Salud y Medio ambiente	Condiciones Socioculturales
Nivel de Desempeño	Medio-bajo	Alto	Alto	Medio-alto	Bajo	Medio-alto

Elaboración propia en base a ICVU 2024

articuladas en 6 dimensiones: conectividad y movilidad; vivienda y entorno; condiciones laborales; ambiente de negocios; salud y medioambiente, y condiciones socio-culturales. De esta manera, es un indicador de referencia para poder evaluar la situación actual de las comunas y, para el caso de Punta Arenas, entrega resultados que ponderan de manera positiva en la mayoría de las dimensiones, como se puede identificar en la siguiente tabla:

Sin embargo, es importante analizar el impacto que podría significar la instalación de grandes proyectos de inversión en la región que, como los de H2v, poseen una gran extensión territorial y requerimientos de empleo, para que sea una oportunidad para mejorar y reforzar aquellos aspectos en los que la región tiene un mejor desempeño, y no para aumentar la vulnerabilidad y agudizar una situación crítica en aspectos que ya tienen una condición insuficiente sin el desarrollo de la industria a gran escala, con el consecuente resultado de deterioro en la calidad de vida.

2. Impactos laborales y en el capital humano

Uno de los beneficios más difundidos de esta industria es la creación de empleo. Sin embargo, su distribución y duración no garantiza una mejora sustantiva en la calidad de vida local. Según el estudio de empleabilidad de GIZ e Inicio Chile, en el escenario de exportación a 2050, se proyectan hasta 570.000 empleos a nivel nacional, pero:

- El 40% corresponde a empleos en el área de construcción, de corta duración, por obra o faena, y variable según la demanda.
- El 42% son indirectos, no necesariamente localizados en la región.
- Menos del 20% son permanentes o técnicos operativos.

<

A ello se suma una brecha crítica de capital humano en Magallanes. Según el estudio “Capital humano de la industria de Hidrógeno renovable: Desafíos actuales y futuros”. la región carece de técnicos y profesionales formados en áreas clave como energías renovables, química industrial u operación de electrolizadores. Esto implicaría que, de no mediar formación específica, la mayoría de los empleos calificados serían ocupados por trabajadores externos, limitando los beneficios locales.

3. Efectos acumulativos y sinérgicos

Más allá de los proyectos individuales, los impactos deben entenderse de forma acumulativa. El despliegue simultáneo de múltiples iniciativas implica una transformación multiescalar de las dinámicas territoriales, con afectación en las cuencas hídricas por desalación, y aumento en la extracción de áridos para construcción y mayor circulación de vehículos pesados, lo que incrementa la emisión de material particulado, ruido y riesgo de accidentes.

También se proyecta una pérdida del control comunitario sobre el uso del territorio, dado que las decisiones

estratégicas sobre localización, inversión, empleo y fiscalidad son adoptadas fuera de la región, por empresas globales o agencias centrales del Estado. **Esta situación pone en entredicho la posibilidad de ejercer soberanía energética, entendida como la capacidad de los territorios para definir, autónomamente, cómo, para qué y en beneficio de quién se utilizan sus recursos energéticos.**

La experiencia reciente en territorios del norte de Chile, como TalTal-Paposo, Mejillones y Tocopilla, refuerza la necesidad de atender estos impactos de forma acumulativa y estructural. Allí, la instalación progresiva de termoeléctricas, puertos, plantas desalinizadoras y, más recientemente, megaproyectos de hidrógeno “verde”, han generado transformaciones profundas sobre comunidades costeras como el Pueblo Chango. Estos procesos han implicado degradación ecosistémica, pérdida de usos ancestrales del maritorio, sobrecarga de infraestructuras y afectación de la salud comunitaria, todo bajo un patrón de sacrificio territorial que ha sido, históricamente, legitimado por la promesa de desarrollo. **La actual expansión energética en Magallanes, sin cambios estructurales en los marcos de gobernanza y redistribución, podría replicar esta trayectoria, desplazando los costos de la transición sobre comunidades locales que han tenido escasa participación en su definición.**

4. Disrupciones socioculturales

La modificación del entorno físico y el arribo de grandes contingentes laborales, también afectan las dinámicas sociales y comunitarias. Diversos actores locales

han manifestado preocupación por la pérdida del tejido comunitario, la presión sobre organizaciones locales, el riesgo de conflictos sociales y la transformación del paisaje como bien común.

Además, no se han establecido mecanismos efectivos de consulta ni participación incidente, lo que genera desconfianza institucional y una sensación de imposición. Los procesos de evaluación ambiental, hasta ahora, han sido considerados insuficientes para captar la complejidad de los impactos sobre la vida cotidiana. Esta percepción también se vio reflejada en las observaciones ciudadanas al Plan de Acción de Hidrógeno Verde, donde se cuestionó la escasa participación efectiva y la falta de incidencia en la definición de políticas públicas.

¿Cómo se distribuyen los beneficios y costos sociales?

El diseño de la industria del hidrógeno “verde” en Magallanes, presenta una profunda asimetría en la distribución de beneficios y costos sociales. Esta distribución no sólo responde a variables económicas, sino también a desigualdades institucionales, geográficas y políticas, que reproducen un patrón extractivo, ahora bajo una narrativa de transición energética.

1. Concentración corporativa y captura de la renta energética

Los beneficios económicos de los proyectos H2v están altamente concentrados en grandes conglomerados internacionales, que controlan todas las fases de la cadena

de valor: desde la generación renovable hasta la producción, transformación y exportación de derivados como amoníaco o e-fuels. **Estos actores —Total Energies, HIF Global, Enel y Siemens, entre otros— operan bajo modelos de inversión extranjera directa, sin compromisos vinculantes de reinversión local.**

Además, la estructura institucional chilena no contempla, actualmente, mecanismos fiscales de redistribución territorial que capturen parte del excedente energético. A diferencia de la minería, donde existe una discusión sobre royalty, los municipios anfitriones del H2v no reciben ingresos proporcionales al uso de su suelo, agua, aire o infraestructura. Esto significa que **comunidades como Laguna Blanca, San Gregorio o Río Verde, alojan proyectos multimillonarios sin capacidades ampliadas para planificación o inversión pública.**

2. Falta de institucionalidad para el desarrollo territorial

Un punto crítico es la ausencia de planificación intersectorial a escala regional. El despliegue de proyectos se realiza bajo criterios sectoriales (evaluación ambiental, permisos eléctricos, concesiones marítimas) que no dialogan entre sí con planes de desarrollo territorial o estrategias regionales. Esto impide que los beneficios se articulen a una visión de desarrollo regional inclusivo.

En los actuales marcos normativos, el Estado no exige a las empresas compromisos sobre encadenamientos productivos locales, transferencia tecnológica ni acceso

preferente al H2v para consumo interno o diversificación productiva. Por tanto, **Magallanes corre el riesgo de convertirse en un nodo exportador subordinado a la demanda global, sin autonomía energética ni industrialización asociada.**

3. Invisibilización de actores comunitarios y falta de gobernanza inclusiva

En cuanto a los costos sociales, estos recaerían, principalmente, en comunidades locales con baja capacidad de influencia en los procesos decisionales. Las instancias de participación ciudadana se han limitado al mecanismo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), de carácter consultivo y no incidente. **Según el Estudio de la propia consultora ECIT, las comunidades no han sido parte activa en la definición de los usos del territorio ni en los criterios para asignar concesiones eólicas, zonas logísticas o servidumbres de paso.**

Los pueblos indígenas no cuentan con garantías efectivas de consulta previa, libre e informada, a pesar de que varios proyectos cruzan territorios donde existe ocupación ancestral o vínculos culturales con el paisaje. Esta omisión vulnera estándares internacionales sobre derechos territoriales, y agrava las desigualdades en la distribución de los costos simbólicos y ecológicos de la transición.

4. Escalas de distribución: macro-regionalización de beneficios, micro-localización de impactos

Los beneficios del H2v, como crecimiento económico y liderazgo climático, se proyectan principalmente, en las escalas nacional e internacional, a través del posicionamiento de Chile como nodo energético global, atracción de inversión extranjera y contribución a metas de carbono neutralidad. Sin embargo, los impactos materiales y sociales —uso intensivo del suelo, presión sobre ecosistemas, fragmentación territorial— se concentran en territorios comunales específicos.

5. Ausencia de mecanismos de compensación territorial

Tampoco existen instrumentos estructurados de compensación que puedan revertir, parcialmente, esta desigualdad. **La legislación ambiental chilena no contempla sistemas de compensación fiscal regional, fondos de desarrollo territorial o incentivos para la reinversión**

de utilidades en educación, salud o infraestructura pública. Esta ausencia profundiza la dependencia de la región de subsidios centrales, limitando su soberanía fiscal. En suma, los impactos proyectados del despliegue del hidrógeno “verde” en Magallanes, revelan que las transformaciones asociadas a la transición energética no se limitan al ámbito técnico-productivo, sino que configuran nuevas formas de organización territorial y control institucional y corporativo.

Lejos de una promesa neutral de sostenibilidad, estas iniciativas tienden a reproducir lógicas de centralización decisional, exclusión comunitaria y concentración de beneficios. Abordar sus efectos sobre la vida cotidiana exige, por tanto, una comprensión crítica de los marcos institucionales y políticos que posibilitan (o impiden) una transición verdaderamente justa e inclusiva.



Vista desde el Parque Nacional Pali Aike, del horizonte que se vería intervenido con los 616 aerogeneradores del proyecto H2 Magallanes..

¿Por qué se debe incluir el enfoque de género en la discusión sobre industrializar el territorio?

Coordinadora Feminista de Punta Arenas

Hablar de mega industria sin hablar de género, es omitir una parte esencial de su impacto. La instalación de megaproyectos, como los del hidrógeno “verde” en Magallanes, no transforma sólo el paisaje físico: también reordena los vínculos sociales; altera los tiempos de cuidados; tensiona las redes comunitarias, y refuerza desigualdades preexistentes. Por lo tanto, sin la perspectiva de género, estos procesos corren el riesgo de analizarse desde una pretendida neutralidad técnica que, en los hechos, invisibiliza las cargas adicionales que enfrentan las mujeres. Esto, considerando que la posible llegada de esta industria, tiene características semejantes a la de otros procesos industrializadores en Chile, por lo tanto, corre el riesgo de repetir patrones.

La principal inquietud se origina en las fases de construcción previstas para estos megaproyectos. Por ejemplo, sólo para las iniciativas “H2 Magallanes” de Total Energies y el “Proyecto integral para la producción y exportación de amoníaco “verde” de HNH Energy, las comunas directamente intervenidas albergarían —en su peak— entre 10 mil a 14 mil personas, aumentan-

do con creces la población combinada de la zona donde hoy viven menos de mil habitantes, de acuerdo a los últimos datos arrojados por el Censo de 2024¹⁰. De hecho, el Estudio de Impacto Ambiental de HNH Energy ya reconoce que, al menos mientras se habilitan los campamentos durante los primeros dos años, parte de esa fuerza laboral se alojará en pensiones locales, especialmente en San Gregorio, que hoy cuenta sólo con 241 residentes habituales (151 hombres y 90 mujeres).

¿Por qué generaría impactos en las mujeres el alza en la tasa demográfica?

Porque esta “explosión demográfica masculina” modificaría la ecuación social y económica de las comunas receptoras. Según estudios de caso en donde se registraron similares condiciones y alzas abruptas en esta tasa demográfica foránea, los delitos sexuales tendieron a aumentar, y **Magallanes ya parte de una base delicada, al alcanzar la segunda tasa más alta del país de abuso y Explotación Sexual Comercial de Niños, Niñas y Adolescentes (ESCNNA), y concentrar el 65% de las denuncias nacionales en 2023, con 9,3 víctimas por cada cien mil habitantes, el doble del promedio nacional. Se suma el alto número de delitos de violaciones y abuso sexual.** Los últimos cinco años, se registró un aumento en la tasa de casos de 109 a 131 por cada cien mil habitantes, cifra sostenidamente superior al promedio nacional (106). Esto se agrava en comunas aledañas a los proyectos, como Natales, donde se registran 158 casos por cada 100 mil hab.

Censo 2024. Comunas de San Gregorio (241 háb.), Laguna Blanca (269 háb.) y Primavera (434 háb.).

El ingreso masivo de hombres sin redes locales y con poder adquisitivo superior al promedio, ha creado en industrias mineras del norte de Chile un mercado para la trata de personas y la explotación de niños, niñas y adolescentes, empujada por la precariedad económica de muchas familias. Posible “mercado” que en Magallanes ya fue reportado, lamentablemente casi a modo de anécdota, como “emprendimiento” en la prensa local.¹⁰

¿Cuáles podrían ser los impactos en el trabajo remunerado y no remunerado de las mujeres?

Las condiciones de base en donde se asentaría la industria ya son desiguales, y tenderían a agudizarse. Por ejemplo, aunque la participación femenina en el mercado laboral de la región subió a 60,1% los últimos años, sigue 14,6 puntos por debajo de la masculina. La tasa de ocupación de las mujeres es 57,8% frente al 71,8% de los hombres, y su informalidad, alcanza 24% versus 17,3%. En 2023, el ingreso medio real de las trabajadoras quedó 23,8% por debajo del de sus pares varones, ampliando la brecha observada antes de la pandemia. Los promotores del hidrógeno “verde” admiten que la mayor parte de la demanda sería para oficios técnicos, históricamente, masculinizados; a las mujeres locales les dejarían los servicios auxiliares peor pagados, reforzando la segregación ocupacional.

Ese desequilibrio se agrava con la sobrecarga de cuidados. Según la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo, las

¹⁰Nota aparecida en el diario regional El Magallanes. 18 de mayo de 2025. Sección Pa' Callao “Pillín, pillín”.

magallánicas dedicamos 3 horas 25 minutos al trabajo doméstico y de cuidados, contra 1 hora y 49 minutos de los hombres; su jornada total (remunerada y no remunerada) supera en 70 minutos la de ellos en un día tipo. Como consecuencia, cuando los servicios públicos y privados se saturan por la llegada de cientos de obreros, como ha sido lo habitual, serán las mujeres quienes llenen los vacíos con trabajo no remunerado adicional.

Además, **el panorama tampoco sería alentador para aquellas que logren insertarse laboralmente en la industria: el acoso sexual y la violencia de género en el trabajo son riesgos reconocidos en estos espacios masculinizados.** Women in Mining Chile destaca que la existencia de acoso sexual, en todos los niveles, es un riesgo real que impacta, directamente, en la motivación de permanencia de las trabajadoras en la industria, que hoy sólo alcanza el 21,8% a nivel nacional.

¿Es posible que las mujeres decidan sobre sus cuerpos y los territorios que habitan?

Las mujeres suelen quedar fuera de los espacios donde se decide el destino de los proyectos. En Chile, menos del 20% de los puestos directivos son femeninos. Se suma el trabajo doméstico y de cuidados, que limita el tiempo y disponibilidad de las mujeres para asistir a reuniones comunitarias o procesos de participación ciudadana y audiencias públicas, muchas de las cuales se están realizando en horarios poco compatibles con sus responsabilidades familiares y laborales remuneradas, o en formatos que no incluyen a infancias, espacios de

deliberación poco inclusivos e intimidación o violencia política contra mujeres que alzan la voz. Es decir, proyectos sin representación paritaria en los espacios de decisión, en donde los riesgos de género se diluyen.

Se suman los impactos que no logran abordarse por los estudios de las industrias y que, por lo tanto, omiten sus efectos. **Investigaciones señalan que las mujeres experimentan afectaciones particulares en su salud física, reproductiva y mental, derivadas tanto de las condiciones medioambientales como de los cambios sociales asociados a estas industrias.** Estudios del Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) en 2024, realizados con defensoras de territorios afectados por el extractivismo, subrayan el aumento de estrés, insomnio y depresión entre mujeres que perciben amenaza sobre su “cuerpo-territorio”, así como la normalización de la violencia intrafamiliar y el consumo de alcohol cuando sube el costo de vida, y se multiplican los espacios de ocio masculinos. En talleres, todas reportaron síntomas de “angustias, miedos, preocupación, inseguridad, sensación de ahogo, desolación, impotencia, insomnio, depresión”, que surgen por múltiples causas: miedo a la violencia e inseguridad (acoso de trabajadores, aumento de delitos), incertidumbre económica, duelo por la pérdida de formas de vida tradicionales, e impotencia frente a la degradación ambiental del entorno que sustenta a sus familias.

Finalmente, inquieta el incumplimiento de requisitos normativos y metodológicos que tratados como el 169 de la OIT, la Guía OCDE de Debida Diligencia para la Conducta Empresarial Responsable y el Acuerdo de

Escazú, exigen. Cabe señalar que la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW), en sus Observaciones finales sobre el octavo informe periódico de Chile en octubre de 2024, recomendó al Estado de Chile “modificar la Ley núm. 19.300 y su reglamento para incluir criterios de género en las evaluaciones de impacto ambiental, teniendo en cuenta el papel de las mujeres como guardianas del medio ambiente y cuidadoras”.

Ya que la industria del hidrógeno en los proyectos de evaluación ya ingresados, no se ha hecho cargo de entregar este análisis de impactos diferenciados, han debido incorporarse estas consultas como observaciones ciudadanas desde la comunidad organizada.

En síntesis, la escala de los proyectos de Total Energies y HNH Energy anticipa una irrupción demográfica masculina sin precedentes, sobre todo, en comunas rurales que hoy superan apenas el millar de habitantes. La evidencia nacional e internacional muestra que este tipo de “boomtown”¹⁰ extractivo, reproduce tres patrones: (i) aumento de la violencia y la explotación sexual, (ii) ampliación de brechas laborales y de ingresos, y (iii) sobrecarga del trabajo doméstico y de cuidados para las mujeres. En Magallanes, estos riesgos se acentúan sobre una base ya frágil: alta tasa regional de delitos sexuales, participación femenina rezagada en empleo formal, brecha salarial de 24% y carga de cuidados que duplica la masculina.

⁶ Término en inglés usado para describir a una localidad que experimenta un crecimiento demográfico y económico súbito, casi siempre ligado al descubrimiento o explotación de un recurso natural.



Cruce de la Ruta 9 Norte con la Ruta CH-255, sector Gobernador Phillipi, comuna de Punta Arenas.

¿Cuáles son los costos e impactos energéticos de la producción de hidrógeno "verde" en Magallanes, más allá de la descarbonización?

María Paz Aedo Zúñiga

Pacto Ecosocial e Intercultural del Sur.

La apuesta para la descarbonización y el abordaje del cambio climático, está siendo orientada a la promoción de los llamados “nuevos energéticos” —como la energía solar, eólica y el hidrógeno— y de los “minerales estratégicos” para la distribución y almacenamiento de energía —como para el cobre, el litio, el cobalto y el coltán. Se presume que es posible transitar hacia la desfossilización de la matriz energética a escala global y local, y que el uso de estos energéticos permitiría reducir los impactos de las emisiones de carbono sobre la atmósfera, particularmente, del cambio climático y sus consecuencias.

Acuerdos internacionales como el Acuerdo de París, y compromisos nacionales para la reducción de emisiones (NDC) evaluados anualmente en las Conferencias de las Partes sobre Cambio Climático (COP), han incrementado, significativamente, la inversión en fuentes renovables

no convencionales durante los últimos 15 años. Sólo entre 2012 y 2018, la capacidad instalada para la energía eólica y solar fotovoltaica aumentó alrededor de un 400% y 29.000%, respectivamente. En América Latina y el Caribe, durante el mismo período, se recibieron más de USD 35 000 millones en inversiones (44% de los flujos mundiales de inversión extranjera directa) para energías renovables no convencionales. México, Brasil, Chile y Argentina representan el 70 % de los flujos de inversión totales de la región.

Sin embargo, existen múltiples actividades para las cuales la electrificación no es una solución total, por su menor potencia, estabilidad y capacidad de almacenamiento comparadas con los combustibles fósiles, como es el caso del transporte pesado y la industria siderúrgica. La electricidad tampoco es una solución para la producción de otros derivados del petróleo, como los fertilizantes químicos utilizados por la agroindustria. Para estos sectores, el hidrógeno “libre de emisiones” está siendo posicionado como una alternativa energética capaz de contribuir a la reducción de emisiones de carbono en sectores altamente demandantes de energías fósiles, como la industria siderúrgica y el transporte de carga pesada

El mercado del hidrógeno está siendo promovido a escala internacional, de la mano de fuertes subsidios. Es el caso en Europa de Hydrogen Intermediary Company (Hintco), empresa filial de la fundación internacional H2Global, que está integrada, principalmente, por corporaciones alemanas con apoyo del gobierno federal alemán. Su función es conectar a los proveedores de hidrógeno con

los consumidores finales, y subsidiar directamente los costos de la inversión. En 2022, Estados Unidos aprobó el Inflation Reduction Act (IRA), que destina una cantidad significativa de subsidios a la producción de hidrógeno “verde”, ofreciendo US\$3 por kilogramo.

Según el ranking elaborado por la Agencia Internacional de Energía (IEA), Chile se posiciona como el quinto país a nivel mundial y el primero en América Latina, en términos de capacidad potencial para la producción de proyectos de hidrógeno. Por esta razón, su promoción ha sido incorporada como prioridad en la política energética de los últimos gobiernos. El primer paso en esta dirección fue la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde elaborada en 2019, revisada y actualizada por el Plan Nacional de Hidrógeno Verde de 2024. Se estima que al menos el 75% de la producción nacional se orientaría a la exportación. En 2019, una investigación del Ministerio de Energía llegó a señalar que Magallanes podría producir hasta el 13% del hidrógeno “verde” global.

En noviembre de 2021, el Ministerio de Bienes Nacionales (MBN) presentó el Plan Nacional de Fomento a la Producción de Hidrógeno Verde en Territorio Fiscal, conocido como “Ventana al Futuro” (VaF). Este plan se orienta a impulsar proyectos de producción de hidrógeno “verde” (H2v) en terrenos fiscales, permitiendo a los interesados solicitar concesiones para desarrollar sus iniciativas. Como resultado de este llamado, se tramitaron 16 proyectos de H2v, distribuidos principalmente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta (que concentran el 80% de las solicitudes), así como en Atacama y Magalla-

nes y la Antártica Chilena.

Sin embargo, esta política de fomento e incentivos no aborda los problemas de eficiencia y los impactos socio territoriales asociados a su producción. Entre ellos, destacan los costos de energía y materiales para su extracción; los impactos asociados a la superficie y localización de la industria; los riesgos en los sistemas de almacenamiento, transporte y distribución; la desigual distribución de costos y beneficios; los débiles marcos normativos y, desde una perspectiva política, social y económica, la reproducción de prácticas extractivistas.

¿Qué es el hidrógeno y cómo se produce?

El hidrógeno no es una fuente energética, sino un elemento químico pequeño y liviano, el primero de la tabla periódica de elementos. Aunque existe en forma abundante, prácticamente no se encuentra en estado puro, por lo que debe extraerse del agua (H2O), los hidrocarburos (CHx) o el amoníaco (NH3) en un proceso llamado “sintetización”. Dependiendo de la fuente y el proceso utilizado con este fin, se clasifica en una amplia escala de colores (ver tabla 1).

Cuadro 1: Tipologías del hidrógeno según su modo de producción

Tipo	Modo de producción
 Blanco	Se genera naturalmente en el subsuelo, a través de la interacción del agua con las rocas y otras reacciones químicas.
 Negro	A partir del carbón mineral. Alto en emisiones de carbono (CO ₂).
 Gris	A partir del gas fósil. Alto en emisiones de CO ₂ .
 Azul	A partir del gas fósil, incorporando procesos de captura y almacenamiento del CO ₂ emitido a la atmósfera durante su producción.
 Rosa	Por medio de electrólisis (ruptura de la molécula del agua, separando el oxígeno del hidrógeno), utilizando energía nuclear.
 Verde	Por medio de electrólisis, utilizando fuentes no convencionales de energías renovables.

Fuente: Elaboración propia con base en Andaluz et al. (2021) y Servicio Geológico Colombiano (2023).

Para ser considerado “verde”, el hidrógeno debe ser extraído del agua a través de una reacción físico-química conocida como electrólisis, que consiste en la ruptura de la molécula de H₂O para separar el hidrógeno del oxígeno. Este proceso requiere agua purificada y energías renovables no convencionales. En Chile, se proyecta la utilización de agua de mar desalinizada, a través de un proceso conocido como osmosis inversa. Esta fase requiere una fuerte inversión en plantas desalinizadoras, generando residuos salinos para los que no existe una normativa clara de tratamiento y disposición final. **Sin un plan de manejo, las salmueras pueden afectar el lecho marino, e influenciar gradualmente un área mayor, generando problemas ecosistémicos en la biodiversidad costera, y afectando los medios de vida de las comunidades pesqueras.**

La siguiente fase, electrólisis, requiere una gran cantidad de energía eólica o solar. De acuerdo con los cálculos realizados por la IEA, para aprovechar el potencial de producción de hidrógeno en Chile sería necesario aumentar la capacidad de producción de energía eólica y solar en ocho veces respecto a la actual. En el caso de Magallanes, se proyecta la instalación de megaparques eólicos. Las turbinas terrestres generalmente tienen una capacidad instalada de 2 a 3 MW, mientras que las marinas pueden alcanzar hasta 15 MW.

La capacidad de generación se calcula a través del llamado “factor de planta”, comparando la cantidad real de energía que genera el aerogenerador en un período determinado, con la cantidad máxima teórica de energía

que podría haber generado en ese mismo período. Las turbinas eólicas suelen tener un factor de planta de entre 30% y 40%, variable según las condiciones climáticas y geográficas. Si bien el tamaño de los megaparques dependerá del tamaño de las plantas de producción de hidrógeno que esperan ser abastecidas, es de suponer que si la meta nacional es alcanzar 25 GW de electrolicadores al año 2030, se requerirá una superficie muy considerable de aerogeneradores.

¿Para qué sirve?

La tecnología actualmente disponible, permite su utilización como reactivo o vector. Esto quiere decir que es capaz de reaccionar con otros elementos, y de almacenar energía. Como reactivo o “precursor químico”, es utilizado en la producción de refinados, la hidrogenación, la desulfuración, la producción de fertilizantes nitrogenados, metano y amoníaco. Como vector, puede utilizarse para la generación de metanol y electricidad (celdas de combustibles), y en procesos de altas temperaturas.

En 2021, el 43% del hidrógeno producido a escala global (en toda su gama de colores) se utilizó para producir amoníaco, con el que se elaboran fertilizantes agrícolas; el 52%, para refinar y depurar hidrocarburos, y el 5% restante se usó para la síntesis del metanol y otros elementos.

Los usos potenciales del H2 dependen tanto de la existencia y disponibilidad de tecnología apropiada, como de las dimensiones (escalas) de la producción. Por estas ra-

zones, actualmente se concentran en el sector industrial, minero y siderúrgico; el transporte pesado marino; la síntesis de fertilizantes, y los procesos de refinación de petróleo, dejando como posteriores los usos distribuidos de pequeña y mediana escala. **Los usos comerciales, como el transporte menor (trenes, automóviles) y la generación eléctrica, son todavía incipientes, mientras que los usos domésticos se desaconsejan debido a los costos de implementación y los riesgos de manipulación.**

¿Es una alternativa eficiente?

Para observar la eficiencia de este nuevo energético, es preciso tener en cuenta los insumos de energía y materiales requeridos en todas las fases de la cadena productiva, así como la capacidad de cobertura de la demanda local frente a otras alternativas.

Desde el punto de vista de los insumos, la evaluación de la relación costos/beneficios es conocida como Tasa de Retorno Energético (TRE) o en inglés EROI (Energy Return On energy Invested), que evalúa la relación entre energía e insumos requeridos versus energía obtenida. Técnicamente, la TRE se define como el “cociente de la cantidad de energía total que es capaz de producir una determinada tecnología o fuente energética, entre la cantidad de energía que es necesaria invertir para obtener ese flujo de energía”. A la fecha, esta tasa de retorno sigue siendo difícil de calcular, debido a la falta de investigación sobre el cálculo de la inversión, considerando que la extracción, procesamiento y transporte de todos los materiales utilizados en las distintas fases de la ca-

dena productiva, requieren algún tipo de energético.

Pese a la falta de datos, es posible afirmar que la TRE de la producción de hidrógeno, es decir, la energía invertida en su producción versus la energía generada y aprovechada en su uso final, sigue siendo insuficiente. No sólo por las limitaciones del factor de planta de las fuentes renovables, sino por el costo de todos los insumos requeridos en las distintas fases. Según el investigador Pedro Fresco, “si usamos la electricidad generada (por aerogeneradores) para producir hidrógeno, podremos perder un 20% de la energía inicial. Además, ese hidrógeno se debe comprimir, transportar y liberar antes de quemar”.

En términos de costos monetarios, el actual precio de este combustible sintético —producido bajo los parámetros de «verde»— ronda los 7 dólares por kilo. Es por esto que la mayoría del hidrógeno es hoy producido a través de fuentes fósiles más baratas, como el gas natural (con un costo estimado hoy en 1,5 dólares por kilogramo de hidrógeno). Para volverse una opción competitiva, el precio del hidrógeno tendría que acercarse a este piso.

Si bien el argumento de la baja tasa de retorno energético ha sido, históricamente, esgrimido en contra de la promoción de energías renovables, ello no debería constituir un argumento en favor de la fosilización, sino un criterio fundamental para el análisis de eficiencia en las alternativas. **Es preciso considerar tanto la eficiencia como la relación costos/beneficios en todos los aspectos de la cadena productiva, desde la fase de instalación hasta**

el destino final.

¿Es una opción libre de impactos socioecológicos?

Los costos socioterritoriales del hidrógeno están siendo invisibilizados detrás de la denominación “verde”. Dependiendo de su tamaño, los megaparques eólicos y solares que se proyectan para la fase de electrólisis, pueden generar diversos impactos: aumento de la mortalidad de aves por colisión e interferencia con trayectorias de vuelo, áreas de reproducción y descanso; cambio y uso intensivo de suelos, afectando redes hídricas y/o especies acumuladoras de agua; acumulación de desechos como aspas y turbinas en desuso, y efecto “sombra” sobre las viviendas aledañas, entre otros.

El almacenamiento, transporte y distribución tampoco está exento de problemas. Se requieren tecnologías capaces de reducir los riesgos asociados a la volatilidad e inflamabilidad. Por ejemplo, la combinación con gas natural para ser transportado por gasoductos (blending), es altamente riesgosa, dada la propiedad corrosiva del hidrógeno sobre las tuberías. Para que funcione, es preciso que el hidrógeno como elemento químico, se encuentre en un estado de alta pureza, y que la relación entre ambos elementos mantenga una proporción muy exacta.

El transporte líquido supone también la ampliación y habilitación de puertos, y la utilización de este combustible para impulsar los barcos y el transporte de carga, a fin de evitar la paradoja de transportar este energético con combustibles fósiles. Por tierra, la con-

trucción de hidroductos es una alternativa recién explorada en la Unión Europea, y requiere una fuerte inversión en infraestructura, así como altos estándares de seguridad.

Adicionalmente, la orientación a la exportación tiende a acentuar las relaciones de dependencia económica entre países exportadores y países demandantes de materias primas. En el contexto de creciente vulnerabilidad de los territorios frente a los impactos sinérgicos de la crisis climática, energética, ecológica, económica y política, es preciso observar las condiciones sociotécnicas de la producción de hidrógeno, presentes en las distintas fases de su cadena productiva. Específicamente, los insumos requeridos para su producción, la relación costos/beneficios y sus aplicaciones como vector energético.

¿Por qué en Magallanes?

Según la información de la Subsecretaría Regional de Desarrollo (SUBDERE), la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena abarca una superficie de 132,297.2 km², lo que representa el 17.5% del territorio nacional. La región tiene una producción minera, de combustibles y derivados. Su consumo energético asciende a 8.467 TCal, equivalente al 3% del total nacional. El sector eléctrico se organiza en cuatro sistemas medianos, aislados entre sí: Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir, y Puerto Williams.

Según la asociación de empresas generadoras eléctricas de Chile, la red eléctrica de Magallanes y la Antártica Chi-

lena posee una capacidad instalada neta de 129,3 MW, con un 75,2% gas natural, 14,8% diésel y 10,0% eólica. Al considerar la matriz energética total y no sólo la electricidad, la representación de energías renovables es aún menor, puesto que los sistemas de calefacción, cocción y transporte se abastecen, principalmente, de energías fósiles.

La priorización de Magallanes como “polo de desarrollo” del hidrógeno se debe, principalmente, al potencial de generación eólica, debido a los fuertes vientos de la zona; a la disponibilidad de superficie para la instalación de megaproyectos en territorios de baja densidad demográfica, y a la extensión del borde costero, donde es posible la instalación de plantas desalinizadoras y la expansión de puertos.

En 2019, el Ministerio de Energía llevó a cabo un estudio, con el propósito de evaluar y cuantificar el potencial eólico para el desarrollo del hidrógeno “verde” en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. De acuerdo con los hallazgos de esta investigación, la generación de electricidad a partir de energía eólica, podría superar en hasta siete veces la capacidad de generación eléctrica actual de la matriz energética nacional, con factores de planta que superan el 60% en la región. Pero esta generación, que excede con creces la capacidad instalada a nivel regional, no estaría orientada a diversificar o desfosilizar la matriz energética de Magallanes, sino a los procesos de electrólisis a través de sistemas “off-grid”, que generan y gestionan su propia energía para abastecer, directamente, la industria, por fuera de la red eléctrica

regional o nacional.

Uno de los argumentos para la promoción del hidrógeno “verde” en Chile ha sido la promesa de sustitución de energías fósiles para satisfacer el consumo interno. Pero como vemos, la descarbonización y la satisfacción de la demanda interna de los sectores residencial, comercial y de transporte doméstico, resulta una alternativa energética más eficiente y escalable que el uso de hidrógeno, tanto a nivel regional como nacional y global.

En Magallanes, la empresa Total Energies está proponiendo la instalación de un megaparque eólico terrestre con más de 600 aerogeneradores de gran tamaño, con una capacidad instalada de hasta 8 MW cada uno¹⁰, orientados a abastecer 7 centros de electrólisis. Se espera generar 3,85 GW para sintetizar el hidrógeno que se necesita en la producción de 1,9 millones de toneladas de amoníaco “verde” al año. Sumado a la iniciativa de HNH Energy, que plantea la instalación de 200 aerogeneradores, la comuna de San Gregorio podría ser intervenida con más de 800 aerogeneradores en total.

En relación al impacto sobre la superficie, un proyecto como el de Total Energies busca ocupar 72.000 hectáreas en la comuna de San Gregorio, de las cuales aproximadamente 4.000 serán utilizadas para la instalación de aerogeneradores, plantas de electrólisis, unidades de producción y almacenamiento, infraestructura eléctrica y un terminal portuario con planta desaladora, todo con

⁷ Considerando la potencia instalada promedio, estas dimensiones implican aerogeneradores de gran tamaño.

Estas dimensiones no están teniendo en cuenta que el territorio de Magallanes tiene una importante riqueza ecosistémica, reconocida en varias áreas protegidas, parques nacionales y reservas naturales.

La superficie proyectada por las iniciativas de hidrógeno en curso, se presentan en la siguiente tabla.

Cuadro 2: Proyectos en curso y superficie estimada, región de Magallanes

Nombre del proyecto	Superficie (Hectáreas referenciales)	Localización
Hif Faro Sur	4.770	Punta Arenas
HNH Energy	40.000	San Gregorio
Teg Energy	14.800	Porvenir-Primavera
Total Energies H2	72.000 ¹⁰	San Gregorio

Fuente: CORFO, respuesta a solicitud de información por transparencia información N° AH004T0006207, 14/08/24.

miras a la producción de amoníaco para exportación. En tanto, la expansión de puertos está siendo promovida por empresas públicas y privadas. ENAP está desarrollando alianzas para el desarrollo de infraestructura

⁸ Previo al ingreso del Proyecto H2 Magallanes al SEA, CORFO había informado que se trataba de 61.100 ha.

portuaria para carga, descarga y exportación, en Laredo, Cabo Negro y San Gregorio. Además, la Empresa Portuaria Austral ha expresado su interés en utilizar parte de su infraestructura actual, específicamente, el Puerto Mardones, para facilitar la descarga de componentes necesarios para la industria de hidrógeno en la zona. Los puertos de San Gregorio y Laredo se consideran “estratégicos” por su acceso al océano Pacífico y el Atlántico.

Actualmente, Enel Green Power Chile está colaborando con HIF en el proyecto piloto “Haru Oni” en Cabo Negro, para producir combustibles sintéticos. En la fase de prueba, se propone una producción de 350 toneladas al año de metanol y 130,000 litros al año de gasolina sintética. El proyecto captura CO₂ y sintetiza el hidrógeno, combinándolos para producir e-fuels como gasolina neutra en carbono (eGasoline) y gas licuado neutro en carbono (eLG). Cuenta con una turbina de 3,4 MW y un electrolizador de 1,25 MW.

Entonces, ¿es el hidrógeno una alternativa de transición justa?

El desarrollo de nuevos energéticos, no está libre de impactos socioecológicos en los territorios donde se instala su producción y extracción, principalmente, territorios del Sur global que, históricamente, han exportado insumos para la satisfacción de la demanda de energía y materiales en el mercado internacional. **Por su magnitud y orientación, los megaproyectos “verdes” tienden a reproducir y actualizar los daños que ha generado la gran industria minera y energética: afectación**

de la biodiversidad, estrés hídrico, pérdida de áreas agrícolas, cambio y especulación con el uso de suelo, alteración de los modos de vida de las comunidades, concentración de las actividades productivas, violencias asociadas al consenso forzoso para la instalación de proyectos, colapso de infraestructuras públicas, etc. Esta perspectiva reduce las políticas e iniciativas de transición a la descarbonización, centrándose en el reemplazo de fuentes fósiles y la expansión de procesos de electrificación.

Adicionalmente, la evidencia indica que el mercado internacional de hidrógeno no tiene el dinamismo que se esperaba. Por esta razón, para justificar su promoción, se plantea la posibilidad de implementar incentivos que fomenten la demanda interna, en sectores como la minería en el norte y ENAP en Magallanes. Pero que esta industria esté sujeta a la necesidad de una fuerte inversión pública, que el destino principal sea la exportación, y que aún no esté disponible la tecnología apropiada para su desarrollo, son elementos suficientes para afirmar que existen fuertes incertidumbres y especulación en al menos tres ámbitos: la demanda interna y externa, la progresión de las tecnologías y la estabilidad de las condiciones socioecológicas.

Esta producción está instalándose en territorios históricamente subordinados del Sur global, bajo la promesa de proveer energías limpias. Es el caso de los proyectos previstos para Mejillones y Tocopilla en Chile, La Guajira en Colombia, el istmo de Tehuantepec en México, el proyecto Grand Inga en el Congo, entre otros. Todos

estos territorios han sido afectados por los impactos de la producción minera y energética, y no cuentan con una estrategia clara de reparación y regeneración ecosistémica, antes de instalar nuevos megaproyectos. Tampoco existe claridad sobre los beneficios para las comunidades locales, considerando que este tipo de iniciativas supone el arribo de grandes cantidades de trabajadores y trabajadoras en las fases de construcción, lo que genera múltiples impactos sobre las dinámicas locales, las infraestructuras y el tejido social.

Es preciso revisar, críticamente, las estrategias de descarbonización en curso, evitando el consenso forzoso y desinformado sobre este energético como pilar de la descarbonización, sobre todo teniendo en cuenta que la reducción de emisiones de carbono es un criterio fundamental, pero no exclusivo para el abordaje de la crisis socioecológica en toda su complejidad. Y es que el clima es sólo uno de los múltiples umbrales biofísicos o “límites planetarios”, que no deben ser sobrepasados sin poner en riesgo la viabilidad de la vida.

En este escenario, parece indispensable una revisión profunda de los procesos de producción y demanda de insumos en el sector transporte, industrial y alimentario. Se requieren transformaciones sociotécnicas profundas en los sistemas de transporte, energía y agroalimentación, así como en sus elementos constitutivos, que incluyen tecnología, marcos normativos, políticas públicas, prácticas de consumo, infraestructuras, saberes y conocimientos, teniendo en cuenta los desafíos de la justicia climática y socioambiental.



Llegada de aspas de 26 ton y 67 m de largo cada una, para proyecto eólico en Argentina. Terminal Mardones. Julio, 2025.



Foro Internacional de Inversiones Punta Arenas: "Inversión verde en América Latina y el Caribe, soluciones con alcance global". Marzo, 2025.

La Facilidad de Hidrógeno Verde ¿Un nuevo esquema de financiación para la industria que omite responsabilidades y subsidia a inversionistas?

Maia Seeger & Natalia Lueje

Corporación Sustentarse, Santiago, Chile.

En el marco de la transición energética, el Estado de Chile ha apostado, fuertemente, al desarrollo de la industria del hidrógeno “verde” (H2v), considerando diversas ventajas competitivas, entre ellas, condiciones geográficas óptimas que permitirían producir este vector energético con los costos más bajos del mundo, a fin de exportarlo a mercados internacionales.

Según la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, Chile podría entrar al mercado de exportación con el H2v más barato del planeta en 2030, y ubicarse entre los tres principales exportadores para 2040, superando en tamaño a la minería, que ha sido históricamente el pilar de la economía chilena. La Asociación Chilena de Hidrógeno (H2 Chile) proyectó que la exportación de H2v representará más del 10% del PIB chileno a mediados de este siglo, para lo cual se requerirá una inversión acumulada de USD 330 mil millones.

Un instrumento financiero importante para impulsar esta emergente industria es la “Facilidad de Hidrógeno Verde”, una iniciativa gubernamental para incentivar la inversión privada en proyectos de H2v; impulsar la producción, el uso y la exportación de este energético y, según la narrativa vigente, acelerar la transición energética, contribuyendo a los objetivos de descarbonización del país.

La Facilidad consiste en un fondo alimentado con préstamos soberanos avalados por el Estado de Chile, provenientes de cinco Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD), por una suma superior a los mil millones de dólares. La administración de la Facilidad ha sido encomendada a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), un servicio público descentralizado, creado por ley en 1939, que tiene la misión de impulsar la actividad productiva nacional y el desarrollo económico del país.

¿Cómo se constituye la Facilidad de Hidrógeno Verde?

La Facilidad se concibió entonces como un programa financiero destinado a catalizar inversiones privadas, en proyectos de producción y demanda de H2v, mitigando riesgos y disminuyendo costos. Este fondo recibe y administra préstamos del Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), Banco Europeo de Inversiones (EIB), Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) de Alemania, así como también aportes directos de la Unión Europea (UE). Además, **los BMD están promoviendo cada vez más el cofinanciamiento con actores públicos, privados**

y otros organismos financieros, como una estrategia para ampliar el alcance y el impacto de los proyectos. Sin embargo, este mecanismo también puede diluir las responsabilidades entre los distintos financiadores, dificultando que las comunidades locales afectadas sepan a quién exigir rendición de cuentas.

El préstamo más cuantioso, por 400 millones de dólares, fue aprobado por BID en junio de 2023, y su objetivo es financiar nuevos proyectos en hidrógeno “verde”; desarrollar la demanda local; formar capital humano; crear bienes y servicios intermedios que faciliten el desarrollo de la industria; impulsar la investigación aplicada, el desarrollo y la innovación tecnológica, y fomentar el emprendimiento en este sector. El préstamo es el segundo en el marco de la línea de Crédito Condicional para Proyectos de Inversión (CCLIP), por 1.000 millones de dólares, para

la productividad y el desarrollo sostenible en Chile. Tiene un plazo de amortización de 24 años, un período de gracia de seis años y medio, y una tasa de interés basada en Secured Overnight Financing Rate (SOFR).

Conjuntamente con el BID, el Banco Mundial comprometió otros 350 millones de dólares, los que se ejecutarán a través de dos operaciones sucesivas. El primer préstamo por 150 millones de dólares (WB-P177533), tiene por objeto:

El desarrollo de una Facilidad de Hidrógeno Verde para apoyar tanto un Desarrollo Económico Verde, Resiliente e Inclusivo para Chile, como la implementación de una industria del hidrógeno verde en la República. El proyecto consta de dos componentes. El primero proporciona subpréstamos de inversión en condiciones preferentes (pero con cobertura de

Figura 1. Esquema de cofinanciamiento de BMD de la Facilidad de Hidrógeno Verde en Chile



costes), para financiar parcialmente subproyectos de producción de hidrógeno verde renovable en Chile (incluidos sistemas de electrólisis, compresión y almacenamiento), y cuentas de reserva para la mitigación de riesgos. El segundo, pretende desarrollar capacidades y gestión del proyecto, financiando la asistencia técnica, las actividades de desarrollo de capacidades, y las actividades generales de gestión del proyecto, para fortalecer un entorno propicio para el hidrógeno verde, mediante el desarrollo de las competencias profesionales, financieras y técnicas necesarias.

A fines de 2023, luego de la reincorporación de Chile como miembro pleno, la CAF —actualmente Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe— anunció un préstamo de 80 millones de dólares para el Programa de Apoyo al Desarrollo de la Industria del Hidrógeno Verde ejecutado por CORFO.

¿Cuál es el rol de la cooperación europea en la Facilidad?

El esquema de cofinanciamiento de BMD para promover el H2 en Chile cuenta con otro contribuyente importante: el Fondo de Hidrógeno Verde (Green Hydrogen Fund) de la Iniciativa Equipo Europa (Team Europe Initiative, TEI) que, a su vez, contribuye con préstamos por 216,45 millones de euros. Los bancos EIB y KfW aprobaron sumas de 200 millones de euros (aproximadamente, 110 millones de dólares cada uno). Asimismo, se suman 16,45 millones de euros provenientes del Fon-

do de Inversión para América Latina de la Unión Europea (UE), y otros 830 mil dólares por concepto de asistencia técnica para apoyar la implementación.

La TEI para el Desarrollo de Hidrógeno Renovable en Chile (Team Europe Initiative for the Development of Renewable Hydrogen in Chile, TEI RH2) es una iniciativa conjunta entre la Unión Europea (UE) y sus estados miembros, para promover la cooperación con Chile, y apoyar el desarrollo de su economía de hidrógeno renovable. Se inserta bajo el paraguas del Global Gateway, una estrategia para el despliegue de infraestructura de conectividad física y digital de la UE, que se erige como alternativa a la Iniciativa de la Ruta y la Franja (IFR) de China. Entre 2021 y 2027, la TEI “movilizará hasta 300.000 millones de euros en inversiones para proyectos sostenibles y de alta calidad”, apalancando el European Green Deal, el compromiso de la UE de llegar a ser el primer continente clima-neutral.

En conjunto, la Facilidad de Hidrógeno Verde de Chile acumula préstamos comprometidos por más de 1.000 millones de dólares (ver tabla 3). Aunque CORFO anunció para el tercer trimestre de 2024 la apertura de la ventanilla para que los primeros proyectos, tanto de producción de hidrógeno “verde” y derivados como de encadenamiento productivo, puedan postular a financiación, no fue sino hasta mayo de 2025 que abrió la convocatoria para iniciar el proceso de solicitud de información (RFI, por sus siglas en inglés).

¿Cuáles son los riesgos financieros, ambientales y so-

ciales?

Ya a fines de 2023, en un artículo de opinión publicado en Energy Monitor, Doig & Seeger llamaban al Banco Mundial y a otros financiadores multilaterales, a mantener la cautela, y a no sumarse a las apuestas frenéticas por el hidrógeno “verde”, tanto en Chile como en otros continentes, por cuatro consideraciones principales:

1. el foco en el H2 es una distracción respecto de la necesidad de impulsar transiciones energéticas nacionales;
2. los enormes daños potenciales de la industria en el

medioambiente y las comunidades;

3. predicciones de mercado basadas en asunciones altamente especulativas e innovaciones tecnológicas inciertas, y
4. porque el principal promotor del hidrógeno es la industria de combustibles fósiles.

Actualmente, hay bastante más consenso sobre los riesgos de la industria, en primer lugar, los tecnológicos y financieros. Las tecnologías para producir hidrógeno son nuevas en el mundo, y recién se están probando a escala experimental en forma piloto. Aún hay gran incertidumbre respecto de los costos reales de la

Tabla 3. Principales fuentes de financiamiento de la Facilidad de Hidrógeno Verde de Chile

BMD	Nombre Operación	Monto (en millones)	Moneda	Fecha aprobación	Número operación
BID	Programa de Apoyo al Desarrollo de la Industria de Hidrógeno Verde en Chile	400	USD	jun 2023	CH-L1168
Banco Mundial	Chile Green Hydrogen Facility to Support a Green, Resilient and Inclusive Economic Development	150	USD	jun 2023	WB-P177533
		200	USD		Pendiente
EIB	Chile - Team Europe Green Hydrogen Platform	100	Euros	jul 2023	EIB-20220628
KfW		100	Euros	jul 2023	No disponible
CAF	Programa de Apoyo al Desarrollo de la Industria del Hidrógeno Verde	80	USD	dic 2023	No disponible

Fuente: Elaboración propia

producción de este vector energético y sus aplicaciones, aunque los expertos han reducido el nivel de expectativas respecto de los precios y del potencial uso masivo para la sustitución de energía basadas en combustibles fósiles, en diversos sectores industriales.

En Europa, varios proyectos han sido cancelados, incluyendo plantas para la fabricación de hidrolizadores. En América Latina, los proyectos más avanzados se encuentran en Chile, pero ninguno ha llegado aún a la fase de decisión final de inversión (FID, por sus siglas en inglés). Es decir, nadie tiene la confirmación definitiva de que pasará de la fase de planificación a la de ejecución. Uno de los principales motivos es una demanda menos vigorosa de lo esperado. Los contratos de compra son escasos (offtakers) y, en su ausencia, aumentan los riesgos financieros, y se dificulta el acceso a financiación. La conclusión de muchos expertos de la industria es que el despegue del sector no es viable sin fuertes apoyos financieros y estímulos gubernamentales, lo que genera el riesgo de crear un sector altamente dependiente desde sus orígenes.

En Chile, el Estado impulsa el desarrollo de la industria mediante la atracción de inversiones bajo la modalidad de asociaciones público-privadas, entregando incentivos de toda índole, incluyendo subsidios, facilidades tributarias y acceso preferencial a crédito. En 2021, lanzó el Plan Nacional de Fomento a la Producción de Hidrógeno Verde en Territorio Fiscal, también conocido como plan “Ventana al Futuro”, para la asignación directa de terrenos fiscales a particulares mediante concesiones de

uso oneroso¹⁰ por un plazo de 40 años. El Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA), denunció la opacidad del proceso de entrega de comodatos. **La Facilidad de H2v es otro mecanismo de estímulo a la industria. El riesgo lo asume el Estado, incrementando su ya abultada deuda pública, mediante los préstamos soberanos que contrata con los BMD. En una economía con tendencia alcista en su deuda pública, estos préstamos representan una mayor presión al erario fiscal, ya que deben ser devueltos con intereses, en un contexto de mayores compromisos de pago.**

Tampoco son despreciables los cuestionamientos por el rol de CORFO en este esquema de financiación. La Corporación fue objeto de fuertes críticas, al conocerse en febrero de 2025 la noticia de traspasos al Tesoro Público, por más de 3,4 mil millones de dólares de los recursos bajo su administración para financiar gasto corriente. El debate público generado, puso en relieve la necesidad de mejorar la institucionalidad de Corfo. Su ex vicepresidente ejecutivo, Eduardo Bitrán, señaló que, para ejercer un rol de fomento financiero en forma transparente, con adecuada rendición de cuentas y eficiente, Corfo requiere una base patrimonial, con contabilidad propia y patrimonio separado, algo de lo cual carece.

CORFO tampoco está sujeta a la supervisión de la Comisión para el Mercado Financiero, y no cuenta con

⁹ El uso oneroso permite a personas naturales y jurídicas solicitar el uso y goce de un terreno de dominio fiscal para un objetivo preestablecido, a cambio del pago de una renta. La concesión se autoriza por un plazo que no puede exceder los 50 años.

una gobernanza robusta, incluyendo directores independientes. De este modo, su rol en la intermediación financiera —en especial administrando recursos de enorme cuantía— no está exenta de riesgos de opacidad, corrupción e insuficiente rendición de cuentas.

En relación con la Facilidad de Hidrógeno Verde, también se cuestiona la capacidad de CORFO de gestionar los riesgos e impactos ambientales y sociales de los “subproyectos” que financiará. Tanto el Banco Mundial como el BID, categorizaron sus operaciones de financiamiento de la Facilidad como de sustantivo riesgo ambiental y social. Existe amplia documentación sobre los impactos de la industria, sobre todo considerando su inmensa escala, los efectos sinérgicos de su agrupamiento en torno a “valles” que ocupan grandes superficies de terreno, con infraestructuras diversas que incluyen parques eólicos y/o solares, redes de transmisión, hidrolizadoras, plantas de desalinización, sistemas de almacenamiento, ductos, puertos, entre otros. Este tipo de esquemas financieros que diluyen las responsabilidades ambientales, sociales y económicas, podrían ser replicados en otras regiones del Sur global, siendo Chile y sus regiones más impactadas por la industria del hidrógeno —como Antofagasta y Magallanes— laboratorios de nuevos mecanismos de financiación.



Estación terrestre de comunicación satelital Red Global KSAT, en el sector de Cabo Negro-Laredo, Ruta 9 Norte.

79 personas aportaron consideraciones, con un promedio de 15 ingresadas cada una Casi 1.200 observaciones ciudadanas en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto HNH Energy

» El proyecto es impulsado por un consorcio integrado por las empresas AustriaEnergy y Ökowind, junto con el fondo de inversión Copenhagen Infrastructure Partners, y busca producir amoníaco verde (NH3V), una de las principales alternativas para la descarbonización.

El proyecto integral para la producción y exportación de amoníaco verde de HNH Energy, que contempla la construcción de una planta de producción, un parque eólico, una planta desaladora de agua de mar, un puerto multipropósito y diversas infraestructuras asociadas, ha generado un fuerte interés y preocupación en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Durante los 90 días de plazo para la presentación de observaciones en el portal de Participación Ciudadana del Servicio de Evaluación Ambiental (Sea), se ingresaron aproximadamente 1.190 observaciones, lo que lo convierte en uno de los procesos de evaluación ambiental con mayor participación en la región.

El proyecto es impulsado por un consorcio integrado por las empresas austriacas AustriaEnergy y Ökowind, junto con el fondo de inversión danés Copenhagen Infrastructure Partners, y busca producir amoníaco verde (NH3V), una de



El proyecto integral de HNH Energy contempla la construcción de un puerto multipropósito.

fundidad en la evaluación de los impactos ambientales del proyecto. Los ciudadanos argumentan que la evaluación subestima los riesgos y propone medidas de mi-

Ganadero Campos
Uno de los principales afectados por el proyecto es Alfonso Campos, residente de San Gregorio, quien cuestiona la falta de es-

trrollamos en la zona. Simplemente no existimos en la evaluación ambiental", señaló Campos.

Por su parte, Francisco Sanhueza, de la organización Chile Am-

afirmó Sanhueza.

Consolidación de las observaciones

A partir de ahora, el Servicio de Evaluación Ambiental (Sea) se encargará de consolidar todas las observaciones recibidas, tanto de la ciudadanía como de los organismos públicos con competencia ambiental. Este documento será entregado al titular del proyecto, quien tendrá que responder a cada una de las observaciones y justificar sus respuestas ante la comunidad y las autoridades.

El proceso de evaluación continuará con la revisión y posible ajuste del Estudio de Impacto Ambiental, que será clave para determinar si el proyecto cumple con los estándares ambientales necesarios para su aprobación. Las organizaciones y la ciudadanía esperan que el Sea realice un análisis riguroso de las observaciones y que el proceso de evaluación se lleve a cabo con total transparencia, considerando las preocupaciones de la población lo-

¿Identificaron
los impactos
sobre el
Parque?
(la Ind).

Ues!

¿Qué nos revelan las observaciones ciudadanas y técnicas sobre la calidad de los Estudios de Impacto Ambiental en proyectos de hidrógeno en Magallanes?

Pablo Saini Frías

ONG FIMA, Equipo de Programa, Santiago, Chile.

La creciente actividad en la Región de Magallanes en torno al desarrollo de la industria del hidrógeno llamado “verde” y sus derivados, ha impulsado la presentación de diversos proyectos de gran envergadura ante el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Entre ellos destacan el “Parque Eólico Faro del Sur”, presentado por HIF Global (Highly Innovative Fuels) en colaboración con Enel Green Power, y el “Proyecto Integral para la Producción y Exportación de Amoníaco Verde”, a cargo de HNH Energy.

Ambos proyectos han generado un volumen considerable de observaciones durante su proceso de evaluación ambiental, provenientes tanto de la ciudadanía organizada y personas naturales como de los Organismos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA). Por ejemplo, el proyecto de HNH

Energy, recibió 1.191 observaciones ciudadanas y 903 de servicios del SEA, mientras que el proyecto “Parque Eólico Faro del Sur” registró casi 600 observaciones ciudadanas, y debió abrir un nuevo proceso de Participación Ciudadana debido a que reconoció nuevos impactos significativos en su proyecto.

A partir de la revisión y sistematización de estas observaciones -incluyendo los Informes Consolidados de Solicitudes de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones (ICSARA) y los documentos ciudadanos- fue posible identificar preocupaciones recurrentes y aspectos de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que han sido objeto de mayor cuestionamiento. De esta forma, el presente análisis temático, compartido en gran medida por ambos proyectos, permite observar patrones críticos que ofrecen una perspectiva sobre la exhaustividad y calidad de los estudios presentados.

Lo que sigue es una síntesis de esos patrones, y lo que revelan sobre la manera en que se está evaluando esta nueva industria en el territorio.

¿Cuáles son los grandes temas que surgen de las observaciones y qué dicen sobre la calidad de los Estudios de Impacto Ambiental?

Al analizar las observaciones se pueden agrupar en siete grandes temas:

- i- Insuficiencia e inadecuación de las Líneas Base (LB);

- ii- Subestimación del Área de Influencia;
- iii- Cuestionamientos a metodologías y criterios de evaluación del impacto;
- iv- Falta de detalle y especificidad en descripción y planes;
- v- Evaluación deficiente de efectos sinérgicos y acumulativos;
- vi- Subvaloración y tratamiento incompleto de componentes ambientales específicos;
- vii- Subvaloración de otros aspectos ambientales relevantes (ver Tabla 4).

Estas preocupaciones presentadas de manera de observaciones, cuestionan la calidad de los Estudios Impacto ambiental de los proyectos de gran escala que pretenden instalarse en un territorio ambiental y socialmente sensible de la región de Magallanes, como es la zona de la estepa. Cabe recordar que, en 2023, el Ministerio de Agricultura declaró emergencia agrícola por déficit hídrico, especialmente, en la comuna de San Gregorio (lugar de emplazamiento de proyectos de hidrógeno)¹⁰.

A continuación se profundiza en cada grupo de observaciones, las cuales se abordarán a modo de pregunta.

a. ¿Han considerado los impactos de otros proyectos?

Las observaciones sobre la evaluación deficiente de efectos sinérgicos y acumulativos, son de las más recurrentes y transversales a ambos proyectos y tipos de

¹⁰ Ministerio de Agricultura decreta emergencia agrícola por “efectos de daños productivos derivados del déficit hídrico”, 2023.

observadores. En específico, las observaciones citan el artículo 18, letra f) del Reglamento del SEIA, que exige considerar otros proyectos en evaluación o aprobados. Se critica que los EIAs se limitaron a considerar pocos o derechamente ningún otro proyecto, y se solicita explícitamente evaluar el impacto de la sinergia entre el Parque Eólico Faro del Sur y la Planta de Combustibles Carbono Neutral Cabo Negro (también de titularidad de HIF), así como con el propio proyecto de HNH Energy (dada su interconexión y ubicación), en el tráfico vial, ruido y emisiones atmosféricas, que son los aspectos frecuentemente señalados.

Estas observaciones indican una falla significativa en los EIAs para cumplir con los requerimientos normativos y las guías técnicas, respecto a la evaluación del contexto regional y los efectos combinados de múltiples proyectos en un área geográfica, lo cual es fundamental para proyectos de esta envergadura. La omisión o tratamiento superficial de los impactos sinérgicos y acumulativos, no sólo representa un incumplimiento del artículo 18 letra f) del Reglamento del SEIA, sino que debilita la capacidad del proceso evaluativo, para captar la verdadera magnitud de las presiones ambientales a nivel territorial. En zonas como Magallanes -donde se proyecta que converja un gran número de megaproyectos energéticos e industriales (se especula con alrededor de 20 proyectos de H2)- la evaluación aislada de iniciativas fragmenta la comprensión de los riesgos; diluye responsabilidades, y obstaculiza la planificación ambiental integrada. En consecuencia, se ve comprometida la posibilidad de adoptar medidas de mitigación efectivas,

coordinadas y con sentido territorial, condición esencial para avanzar hacia una evaluación ambiental estratégica y con miras a sostenerse en el tiempo.

b. ¿Hay suficiente la información sobre líneas de base?

Las observaciones hacen notar la insuficiencia de la Línea de Base (LB) para diversos componentes, evidenciando falta de completitud, representatividad y una metodología adecuada en los estudios. **En general, se solicitan datos adicionales, periodos de muestreo más amplios (especialmente, estacionales para fauna e hidrología), justificaciones metodológicas más robustas y antecedentes bibliográficos relevantes** (particularmente científicos). Las observaciones ciudadanas destacan la falta de caracterización fisicoquímica o dinámica estacional de cuerpos de agua, la metodología para suelos, o la insuficiencia de muestreo para fauna (aves y murciélagos principalmente). Los OAECA también solicitan caracterizaciones subsuperficiales o la revisión de metodologías para clasificación de suelos.

Esta deficiencia limitaría la utilidad del EIA como herramienta preventiva y de gestión ambiental efectiva, dificultando una evaluación adecuada, trazable y confiable de los impactos. **La ausencia de datos representativos y actualizados, sumada a la falta de criterios técnicos sólidos para la caracterización de los componentes ambientales, podría comprometer la capacidad del instrumento para predecir y valorar los efectos del proyecto.** Asimismo, esta falencia reduciría la posibilidad de establecer medidas de mitigación pertinentes y propor-

cionales.

c. ¿Ha estado bien definida el área de influencia?

Según las observaciones, las áreas de influencia (AI) definidas en los EIAs son insuficientes o no están adecuadamente justificadas para diversos componentes ambientales. Tanto los OAECA como la ciudadanía, cuestionan la distancia de las áreas de amortiguación (buffers); la falta de consideración de la movilidad de las especies (por ejemplo, respecto de una variedad de aves y mamíferos marinos), y la extensión de los impactos más allá del emplazamiento inmediato. **En líneas generales, esta eventual deficiencia es reflejo de una posible falta de un enfoque sinérgico y acumulativo en la evaluación de impactos, así como de una visión reduccionista del territorio intervenido.** Para evitar la omisión de impactos relevantes sobre ecosistemas, especies y comunidades humanas, es crucial ampliar el alcance de la evaluación.

Se sugiere que los EIAs no han dimensionado completamente el alcance espacial de los potenciales impactos del proyecto, limitando el espectro de la evaluación. Además, al restringir de forma inapropiada las áreas de influencia, se corre el riesgo de invisibilizar impactos relevantes sobre ecosistemas y comunidades que, aunque no se encuentren dentro del área inmediata del proyecto, podrían verse significativamente afectados. Esta omisión afecta directamente la calidad de la predicción de impactos; reduce la eficacia de las medidas de mitigación propuestas, y debilita la posibilidad de realizar un análisis acumulativo coherente, especialmente, en territorios

donde coexisten o convergen múltiples iniciativas de desarrollo similar

d. ¿Ha sido debidamente evaluado el impacto en el medio humano y los sistemas de vida y costumbres de las comunidades locales?

Una preocupación constante en las observaciones analizadas es la posible subestimación de los impactos que los proyectos podrían generar en los sistemas de vida de los habitantes de la región. Esto se explica, en parte, por la probable delimitación deficiente del área de influencia del medio humano, y por la falta de líneas de base sociales robustas y representativas. **Este patrón revela una concepción reducida del medio humano, tratándolo de manera desarticulada y descontextualizada del entorno territorial, social y cultural en el que se insertan los proyectos.** Al no captar adecuadamente la forma en que los modos de vida y dinámicas locales podrían verse afectados (ya sea por presiones sobre la infraestructura existente, transformaciones socioeconómicas abruptas o alteraciones en la movilidad), se compromete la capacidad del proceso evaluativo para anticipar impactos reales.

e. ¿Ha sido evaluada adecuadamente la pérdida de biodiversidad y ecosistemas clave?

Las observaciones analizadas evidencian un patrón claro de subvaloración en la evaluación de los impactos sobre la biodiversidad y la integridad ecológica de los territorios afectados. Diversas observaciones indican que los análi-

sis carecen de profundidad; omiten especies relevantes o sensibles, y no proponen medidas proporcionales ni efectivas para prevenir, mitigar o compensar los impactos. Se advierte una escasa integración de información ecológica robusta, ausencia de enfoques ecosistémicos y omisión de especies vulnerables o con valor ecológico clave. **En una región caracterizada por una alta diversidad biológica adaptada a condiciones extremas, y una importante presencia de especies amenazadas, esta deficiencia representaría un riesgo significativo para la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas.** Además, debilitaría la coherencia de los EIAs con los compromisos del Estado, en materia de protección de la naturaleza y sostenibilidad ambiental.

f. ¿Han servido las metodologías y criterios aplicados?

Diversas observaciones ponen en duda las metodologías y criterios utilizados para predecir y valorar los impactos. Esto incluye:

- el mecanismo de asignación de valores que aplica el Titular en cada criterio (por ejemplo, al criterio de extensión, magnitud, sinergia / acumulación),
- la justificación que funda la decisión de descartar efectos significativos (con relación al art. 11 Ley 19.300 y al Título II del RSEIA), o
- la aplicación de guías técnicas existentes. Por ejemplo, se solicita justificar técnicamente los umbrales de ruido para fauna o los criterios de valoración paisajística. También se cuestiona la validez de aplicar resultados de estudios en contextos diferentes (por

ejemplo, ante el impacto del pintado de aspas).

Estas observaciones sugieren que las bases técnicas para la evaluación de impactos en los EIAs han sido subjetivas, inconsistentes y no suficientemente justificadas, lo cual impacta directamente en la credibilidad de las predicciones y valoraciones presentadas. Además, la aplicación de metodologías sin una adaptación contextual adecuada, o el uso de referencias bibliográficas o datos de estudios previos sin considerar las particularidades del territorio evaluado, comprometen la validez científica de los análisis. La falta de aplicación consistente de las guías técnicas del SEIA y de fundamentos normativos claros, pone en entredicho la calidad del EIA, además de limitar la capacidad de las autoridades y de la ciudadanía para verificar, cuestionar o validar los resultados del estudio. **En última instancia, estas deficiencias reducen la legitimidad del proceso de evaluación ambiental.**

g. ¿Ha sido claro lo que se quiere hacer y cómo?

Se observa una recurrente solicitud de mayor detalle técnico en la descripción de las partes, obras y acciones del proyecto (por ejemplo, respecto a equipos, maquinaria, ubicación de frentes de trabajo), en los planes de manejo (por ejemplo, conforme al destino de residuos, métodos de acopio, transporte, emisiones asociadas), en los sistemas de tratamiento de aguas, o en los planes de monitoreo y seguimiento (por ejemplo, respecto a la metodología, puntos de muestreo, variables). **La ciudadanía, en particular, expresa preocupación por el manejo de residuos (peligrosos, industriales) dada la infraestructura regional.** A esto se suma una preocupación por la débil

o nula vinculación de los proyectos con los instrumentos de planificación territorial vigentes.

Los estudios carecen del nivel de detalle necesario para una evaluación exhaustiva de los impactos operacionales, y para asegurar la viabilidad y efectividad de las medidas de manejo ambiental propuestas. Esta falta de precisión también impide evaluar adecuadamente la coherencia entre las acciones proyectadas y las condiciones del territorio receptor, especialmente, en contextos como Magallanes, donde existen restricciones logísticas, climáticas y de infraestructura. Asimismo, la insuficiencia de información sobre los métodos de seguimiento compromete la trazabilidad y la efectividad futura de las acciones correctivas. Finalmente, esta omisión plantea una potencial incompatibilidad entre el desarrollo del proyecto y los lineamientos estratégicos definidos para el territorio, afectando actividades económicas tradicionales, el equilibrio ecológico y los objetivos de adaptación al cambio climático.

h. ¿Se han evaluado correctamente otros componentes ambientales?

Ciertas temáticas son consistentemente señaladas como subvaloradas o no abordadas, adecuadamente. Esto incluye el valor o sensibilidad de ecosistemas o especies (por ejemplo, *Lepidophyllum cupressiforme*, especies en categorías de conservación, ecosistemas de montaña frágiles al cambio climático, humedales, geoformas de valor científico/paisajístico, entre otros), los impactos del incremento del tráfico marítimo en la fauna marina,

o del tráfico vial en sitios de importancia para aves. **Las observaciones ciudadanas, en particular, enfatizan la importancia de ecosistemas marinos** (por ejemplo, Estrecho de Magallanes y Bahía Lomas) y la necesidad de considerar la cadena productiva completa del proyecto. En efecto, subrayan una falta de perspectiva integral, al no incorporar adecuadamente la totalidad de la cadena productiva, incluyendo etapas previas o posteriores a la intervención directa.

Estas observaciones sugieren que los EIAs no han identificado correctamente la sensibilidad de elementos del medio ambiente, y no han evaluado de forma exhaustiva todos los impactos relevantes generados por los proyectos en su totalidad. La omisión o subvaloración de componentes ecológicos claves, compromete gravemente la capacidad del estudio para anticipar efectos significativos y establecer medidas de protección proporcionales. Esta carencia es aún más crítica en un territorio como Magallanes, caracterizado por una alta diversidad biológica, ecosistemas frágiles y presencia de especies endémicas o migratorias. Además, la insuficiente consideración de impactos indirectos o acumulativos, como los derivados del aumento del tráfico marítimo o terrestre, evidencia una visión fragmentada que desatiende las complejidades del sistema ambiental en su conjunto.

Este patrón revela una débil comprensión del territorio, y una evaluación de impactos que no logra captar ni reflejar su verdadera sensibilidad ambiental, limitando con ello la utilidad del EIA como instrumento preventivo y de gestión ambiental efectiva.

Tonina overa, Estrecho de Magallanes. Sebastián Saiter.

Tabla 4. Resumen de temas observados en los Estudios de Impacto Ambiental y sus ejemplos

Tema	Descripción	Ejemplos
Evaluación Deficiente de Efectos Sinérgicos y Acumulativos	Los estudios no consideran adecuadamente la interacción con otros proyectos en el territorio, incumpliendo la normativa y debilitando la planificación ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Se solicita incorporar en el análisis los efectos sinérgicos y/o acumulativos generados por los 26 proyectos identificados dentro del área de estudio, y no limitar la evaluación únicamente al proyecto Planta de Combustible Carbono Neutral Cabo Negro. • Se solicita incluir los flujos vehiculares de los proyectos relacionados con la cadena de hidrógeno “verde” que se encuentran en evaluación, como, por ejemplo, planta de combustibles carbono neutral Cabo Negro y parque eólico Faro del Sur, en la evaluación del escenario más desfavorable para el análisis de impacto vial, para determinar si existe superposición en las áreas de influencia y presentar resultados del impacto vial sinérgico.
Insuficiencia e Inadecuación de la Línea de Base (LB)	Los estudios presentan líneas de base incompletas, con metodologías débiles y falta de representatividad, lo que impide una adecuada evaluación de impactos.	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere que la información de línea base es insuficiente para especies clave como el Canquén colorado y el Chorlo de Magallanes, especialmente respecto al uso del hábitat y del espacio aéreo. Además, se solicita al titular ampliar la línea base de invertebrados terrestres y evaluar de manera efectiva la singularidad de este grupo. • Se indica que para el componente entomofauna no se realizaron campañas de terreno, dando como resultado una información vaga, genérica y carente de sustento técnico. Se señala que esta omisión impediría identificar, estimar, cuantificar o evaluar los impactos sobre este componente, vulnerando principios básicos de trazabilidad y rigor metodológico exigidos en la etapa de línea de base.

Tema	Descripción	Ejemplos
Subestimación e Inadecuación del Área de Influencia (dAI)	Los EIAs definen áreas de influencia demasiado restringidas o sin justificación técnica, ocultando impactos relevantes fuera del área inmediata del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Se solicita definir el polígono que comprenda el área de influencia total del proyecto, considerando todas las áreas de influencia de las componentes ambientales evaluadas, precisando la superficie en m² o hectáreas, y presentándolo, gráficamente, a través de un plano en formato KMZ. • Se solicita ampliar la justificación del área de influencia en relación con las Áreas Protegidas y Sitios Prioritarios para la Conservación, como el Parque Nacional Pali Aike, el Sitio Ramsar Bahía Lomas y el Monumento Natural Los Pingüinos. Se observa que el EIA sólo consideró las comunas de San Gregorio y Primavera para delimitar su AI, omitiendo rutas migratorias y efectos indirectos que podrían afectar significativamente a especies como el pingüino de Magallanes, que realiza desplazamientos considerables fuera de estas comunas.
Evaluación deficiente del impacto en el medio humano y los sistemas de vida y costumbres de las comunidades locales	Las observaciones revelan una subestimación sistemática de los impactos sobre los sistemas de vida locales, producto de líneas de base sociales insuficientes y una visión descontextualizada del medio humano.	<ul style="list-style-type: none"> • Se pide una caracterización completa del comportamiento de circulación en la zona, así como la evaluación de alteraciones significativas en la conectividad regional. En particular, se destaca la necesidad de analizar si el uso intensivo de la Ruta 9 norte para transporte de carga sobredimensionada afectará de forma sustancial la libre circulación de los grupos humanos y la accesibilidad a servicios en Punta Arenas desde otras localidades. • Se solicita una evaluación detallada de la capacidad de respuesta de los servicios básicos (agua potable, electricidad, saneamiento, salud, educación, vivienda, telefonía y seguridad ciudadana) en las comunas de San Gregorio, Laguna Blanca y Punta Arenas, considerando la llegada proyectada de entre 3.000 y 4.000 trabajadores externos. Se advierte que el EIA no analiza adecuadamente la presión que esta afluencia poblacional generaría sobre sistemas ya frágiles o subdimensionados.

Tema	Descripción	Ejemplos
Evaluación insuficiente de la pérdida de biodiversidad y ecosistemas clave	Se detecta una evaluación deficiente de la biodiversidad y los ecosistemas, con omisión de especies clave y falta de medidas proporcionales, lo que pone en riesgo la coherencia ecológica y los compromisos ambientales del Estado.	<ul style="list-style-type: none"> • Se solicita un análisis más exhaustivo de los impactos sobre la avifauna, considerando que se identificó riesgo significativo para especies como el caiquén (<i>Chloephaga picta</i>), canquén colorado (<i>Chloephaga rubidiceps</i>), ñandú (<i>Rhea pennata pennata</i>), caranca (<i>Chloephaga hybrida</i>), zarapito de pico recto (<i>Limosa haemastica</i>) y pato jergón (<i>Anas georgica</i>), observándose una deficiencia en la línea base del componente, la falta de consolidación metodológica y la omisión de especies sensibles en los monitoreos de tránsito aéreo. • Se pide complementar el estudio de impacto sobre especies marinas, ya que se consideró limitado. En particular, se recomienda expandir el área de influencia para incluir zonas susceptibles de afectación por ruido submarino y presencia de contaminantes, permitiendo una evaluación más representativa de los impactos en ambientes marinos y costeros.
Cuestionamiento de las Metodologías y Criterios de Evaluación de Impacto	Se emplean metodologías subjetivas o mal adaptadas al contexto, sin fundamentos técnicos sólidos, lo que compromete la credibilidad de la evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> • Se solicita al titular justificar de manera técnica y suficiente la distinción entre hábitats "relevantes" y "singulares" utilizada en la evaluación, así como los criterios empleados para dicha diferenciación. Asimismo, se cuestiona el uso de metodologías semicuantitativas para el análisis de fauna terrestre y avifauna, especialmente en lo relativo al esfuerzo de muestreo y la representatividad de los datos obtenidos. • Se requiere que el titular fundamente adecuadamente la selección de los cinco puntos de interés definidos para el control acústico sobre fauna, ya que estos no se corresponden de manera coherente con los tres hábitats evaluados. Además, se solicita una definición técnica y justificable del área de influencia del componente "ruido" y la determinación correcta de los umbrales de afectación para cada una de las especies consideradas en la evaluación.

Tema	Descripción	Ejemplos
<p>Falta de Detalle y Especificidad en Descripción y Planes</p>	<p>Se detecta una falta de precisión técnica en la descripción de proyectos y planes de manejo, afectando la trazabilidad y viabilidad de las medidas ambientales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En la Descripción del Proyecto, se señala la existencia de hasta diecisiete frentes de trabajo móviles simultáneos. Sin embargo, se detalla que sólo cinco de estos se destinarían al montaje de aerogeneradores, quedando sin definir la naturaleza y funciones de los doce frentes restantes. Se solicita al titular aclarar de manera específica en qué consisten estos frentes, su localización, fases de operación y actividades previstas, considerando su relevancia para la evaluación de impactos y planificación de medidas de manejo. • El EIA omite referirse al Plan Nacional de Ordenamiento Territorial, al Plan Nacional de Desarrollo Rural y a la Estrategia Regional de Desarrollo de Magallanes. No se explica cómo el proyecto incorpora —o responde— a los principios, objetivos y criterios establecidos en dichos instrumentos. Las observaciones solicitan incorporar en la línea de base territorial una evaluación explícita de la compatibilidad del proyecto con estos planes, especialmente en lo relativo a criterios de sustentabilidad, cambio climático y uso racional del territorio definidos en la ERD de Magallanes y el PNOT.
<p>Subvaloración y Tratamiento Incompleto de Componentes Ambientales Específicos</p>	<p>Elementos sensibles del medio ambiente son abordados superficialmente o ignorados, comprometiendo la protección de ecosistemas clave y la evaluación integral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Paisaje: Se ha señalado que el titular omitió completamente en el EIA la evaluación de los impactos sobre el valor paisajístico y turístico, pese a que las obras proyectadas (en la ruta CH-255 y el camino enrolado Y-499, así como los aerogeneradores) afectan directamente hitos patrimoniales reconocidos por el Estado. Entre estos destacan la Ruta Patrimonial del Canquén Colorado, la zona típica de la Estancia San Gregorio y diversos monumentos nacionales. Esta omisión constituye una vulneración de la ley y del ordenamiento jurídico aplicable. • Geología y Geomorfología: Se cuestiona la bibliografía empleada en el capítulo de geomorfología por estar desactualizada y reflejar un desconocimiento de la historia glacial de la región. Esto da lugar a interpretaciones que contradicen los consensos científicos actuales sobre la evolución geológica del territorio evaluado. • Hidrología: El componente hídrico fue abordado con información bibliográfica limitada a informes técnicos, sin integrar estudios científicos recientes. Además, la única visita a terreno registrada —de dos días de duración y realizada hace más de cuatro años— es considerada insuficiente y obsoleta para caracterizar adecuadamente la red hidrográfica local, especialmente en una región con marcadas variaciones estacionales y alta sensibilidad hídrica.

¿En qué áreas se concentran las observaciones?

El análisis comparado de las observaciones técnicas de los OAECA, y las observaciones ciudadanas sobre los EIA del Parque Eólico Faro del Sur y del Proyecto Integral para la Producción y Exportación de Amoníaco Verde, revela patrones consistentes de cuestionamiento en aspectos críticos. Entre los principales focos están:

1. la insuficiencia y cuestionable metodología de las líneas de base;
2. la subestimación del área de influencia;
3. la escasa consideración de efectos sinérgicos y acumulativos —en particular, entre proyectos interrelacionados de hidrógeno”;
4. la falta de rigurosidad en los criterios de evaluación de impacto;
5. la limitada claridad técnica en la descripción de proyectos y sus planes de manejo, y
6. la subvaloración de componentes ambientales sensibles e impactos relevantes.

Estas observaciones evidencian deficiencias estructurales en la calidad de los EIAs, reflejadas en debilidades metodológicas, falencias en la aplicación de normativas técnicas y escasa coherencia con la planificación territorial vigente. La recurrencia y transversalidad de estas críticas, subraya la necesidad de rectificaciones sustantivas que no se limitan a ajustes puntuales, sino que exigen ampliaciones significativas de estudios, reformulaciones metodológicas y, en algunos casos, reevaluaciones completas.

No obstante, lo observado va más allá de una deficiente formulación técnica. **El volumen y la especificidad de las observaciones dan cuenta de un problema más profundo: la actual evaluación ambiental no ha estado a la altura del desafío que implica la instalación de una industria intensiva, territorialmente expansiva y ambientalmente riesgosa como la del hidrógeno “verde”.** En este contexto, no basta con corregir los errores de los estudios presentados ni con hacerlos nuevamente. Es indispensable una actuación diligente, estricta y proactiva por parte de las autoridades ambientales, que no sólo vele por el cumplimiento formal de la normativa, sino que garantice el respeto efectivo a la planificación ecológica del territorio, a los marcos normativos nacionales e internacionales, y a las garantías constitucionales, incluyendo los derechos humanos.

En suma, los EIAs —tal como fueron inicialmente presentados— no lograron captar ni representar, adecuadamente, la complejidad socioambiental de la Región de Magallanes. La precariedad metodológica, la omisión de impactos relevantes y la falta de transparencia, atentan contra la legitimidad del proceso evaluativo. Frente a ello, se requiere una mejora sustantiva en los instrumentos de evaluación, así como también una revisión crítica del modelo de desarrollo que se pretende impulsar. Particularmente, cuando con el discurso de la “energía verde del futuro”, se reproducen lógicas extractivistas que invisibilizan su costo social, ecológico y territorial.



Canquén Colorado. Ricardo Matus.

Bibliografía

Introducción

- CORFO. (2024). Respuesta a la solicitud de información N°AH004T0006207, en conformidad a la Ley N° 20.285 sobre Acceso a la Información Pública.
- Escenarios Hídricos 2030. (2024). Estudio de las Estepas Patagónicas de Magallanes. Septiembre 2024. Disponible en: <https://escenarios-hidricos.cl/wp-content/uploads/2024/10/Estudio-Pliscoft-Sept-2024.pdf>.
- Fundación Heinrich Böll. (2018). Propuesta Ciudadana de Energía para Magallanes. Disponible en: https://cl.boell.org/sites/default/files/paginas_propuesta_ciudadana_de_energia_para_magallanes_ok_160518.pdf.
- Geocomunes. (2025). Proyectos de hidrógeno “verde” en América Latina. Disponible en: <https://geocomunes.org/Visualizadores/HidrogenoVerdeAL/#>.
- Gobierno de Chile – Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). (2021). Programa Laboratorios Naturales. Disponible en: <https://www.anid.cl/laboratorios-naturales/>.
- Gobierno de Chile – Ministerio de Energía. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf.
- Gobierno de Chile – Ministerio de Energía. (2023). Encadenamientos productivos de la industria del hidrógeno verde y derivados en Magallanes y la Antártica Chilena. Disponible en: <https://h2lac.org/wp-content/uploads/2024/01/Encadenamientos-productivos.pdf>.
- Gobierno de Chile – Ministerio de Energía. (2024). Plan de Hidrógeno Verde 2023–2030. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan_de_accion_hidrogeno_verde_2023-2030.pdf.
- Gobierno de Chile – Ministerio del Medio Ambiente. (2019). Huella de Carbono Regional: Región de Magallanes y la Antártica Chilena.
- Gobierno de Chile – Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativa (SUBDERE). (2024). Informe de Comunas Susceptibles como Zonas en Desarrollo. Disponible en: <https://proactiva.subdere.gob.cl/bitstream/handle/123456789/664/INFORME%20DE%20COMUNAS%20SUSCEPTIBLES%20COMO%20ZONAS%20EN%20DESARROLLO%202024.pdf>.

Capítulo 1: Biodiversidad y paisaje de la estepa

- Ackert, R. P., Jr. (2009). Patagonian dust machine. *Nature Geoscience*, 2(4), 244–245. <https://doi.org/10.1038/ngeo488>.
- Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, 377(6606), 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abo2380>.
- Barkley, A. E., Winckler, G., Recasens, C., Kaplan, M. R., Koffman, B. G., Calabozo, F., ... Goldstein, S. L. (2024). Patagonian dust, Agulhas Current, and Antarctic ice-rafted debris contributions to the South Atlantic Ocean over the past 150 000 years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(31), e2402120121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2402120121>.
- Clague, J. J., Barendregt, R. W., Menounos, B., Roberts, N. J., Rabassa, J., Martínez, O., ... Hemming, S. R. (2020). Pliocene and early Pleistocene glaciation and landscape evolution on the Patagonian Steppe, Santa Cruz Province, Argentina. *Quaternary Science Reviews*, 227, 105992. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105992>.
- Clapperton, C. M. (1989). Asymmetrical drumlins in Patagonia, Chile. *Sedimentary Geology*, 62(2-4), 387–398. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(89\)90149-8](https://doi.org/10.1016/0037-0738(89)90149-8).
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina: Síntesis de políticas públicas sobre cambio climático. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cc_y_sus_efectos_en_la_biodiversidad.pdf.
- Craine, J. M., et al. (2012). Global diversity of drought tolerance and grassland climate-change resilience. *Nature Climate Change*, 3(1), 63–67. <https://doi.org/10.1038/nclimate1634>.
- Dass, P., et al. (2018). Grasslands may be more reliable carbon sinks than forests in California. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/AACB39>.
- Dott, R. H., Jr., & Dalziel, I. W. D. (2016). Darwin the geologist in southern South America. *Earth Sciences History*, 35(2), 303–345. <https://doi.org/10.17704/1944-6187-35.2.303>.
- Evenson, E. B., Burkhart, P. A., Gosse, J. C., Baker, G. S., Jackofsky, D., Meglioli, A., ... Berti, C. (2009). Enigmatic boulder trains, supraglacial rock avalanches, and the origin of “Darwin’s boulders,” Tierra del Fuego. *GSA Today*, 19(12), 4–10. <https://doi.org/10.1130/GSATG23A.1>.
- Eze, S., et al. (2018). Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings. *Journal of Environmental Management*, 223, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.013>.

- Fuss, S., et al. (2020). Global Sustainability The economic value of tropical forests in meeting global climate stabilization goals. *Global Sustainability*, 4(e1), 1–11. <https://doi.org/10.1017/sus.2020.34>.
- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://zenodo.org/record/3237411>.
- Mora-Soto, A., et al. (2021). One of the least disturbed marine coastal ecosystems on Earth: Spatial and temporal persistence of Darwin's sub-Antarctic giant kelp forests. *Journal of Biogeography*, 48(10), 2562-2577. <https://doi.org/10.1111/jbi.14246>.
- Peltier, C., Kaplan, M. R., Birkel, S. D., Soteris, R. L., Sagredo, E. A., Aravena, J. C., ... Schaefer, J. M. (2021). The large MIS-4 and long MIS-2 glacier maxima on the southern tip of South America. *Quaternary Science Reviews*, 262, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.quasci-rev.2021.106858>.
- Pérez-Quezada, J. F., et al. (2023). How much carbon is stored in the terrestrial ecosystems of the Chilean Patagonia? *Austral Ecology*. Publicación adelantada en línea. <https://doi.org/10.1111/aec.13331>.
- Pfeiffer, M., et al. (2020). CHLSOC : the Chilean Soil Organic Carbon database, a multi-institutional collaborative effort [Data Paper]. *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 457–468. <https://doi.org/10.5194/essd-12-457-2020>.
- Pisano, E. (1985). La estepa patagónica como recurso pastoril en Aysen y Magallanes. *Ambiente y desarrollo*, 1(2), 45–59.
- Pörtner et al. (2021). Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change; IPBES secretariat. Disponible en: <https://zenodo.org/record/5101125>.
- Pörtner et al. (2023). Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*, 380: eabl4881.
- Puche, N., et al. (2019). Modeling carbon and water fluxes of managed grasslands: Comparing flux variability and net carbon budgets between grazed and mowed systems. *Agronomy*, 9(4), Artículo 183. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040183>.
- Radic-Schilling, S., et al. (2021). Ecosistemas de estepa en la Patagonia Chilena: distribución, clima, biodiversidad y amenazas para su manejo sostenible. En Castilla, J. C., et al. (Eds.), *Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*. (pp. 223–256). Ediciones Universidad Católica.
- Soteris, R. L., Riquelme, F. M., Sagredo, E. A., & Kaplan, M. R. (2023). (Paleo)glacier studies in Patagonia over the past decades (1976-2020): A bibliometric perspective based on the Web of Science. *Journal of South American Earth Sciences*, 122, 104173. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104173>.
- Soussana, J. F., et al. (2014). The role of grassland in mitigating climate change. En A. Hopkins et al. (Eds.). *The future of European grasslands* (pp. 75–87). Organising Committee of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation IBERS.
- Sugden, D. E., McCulloch, R. D., Bory, A. J. M., & Hein, A. S. (2009). Influence of Patagonian glaciers on Antarctic dust deposition during the last glacial period. *Nature Geoscience*, 2(4), 281-285. <https://doi.org/10.1038/ngeo474>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2022). *Global peatlands assessment: The state of the world's peatlands*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.unep.org>.
- World Economic Forum. (2023). *The Global Risks Report 2023. 18th Edition INSIGHT REPORT*. ISBN-13: 978-2-940631-36-0.

Capítulo 2: Planificación y gobernanza del proceso

- Bahía Lomas: ¿Hasta qué punto será ecológico el hidrógeno verde? (2023, 8 junio). *Ladera Sur*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://laderasur.com/video/bahia-lomas-hasta-que-punto-sera-ecologico-el-hidrogeno-verde>.
- Billi, M., Moraga, P., Aliste, E., Maillet, A., O'Ryan, R., Sapiains, R., ... Ugarte, A. (2021). *Gobernanza climática de los elementos: Hacia una gobernanza del agua, el aire, el fuego y la tierra en Chile*. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.cr2.cl/gobernanza-elementos/>.
- Cabaña, G. (2022, 23 junio). *Las mil promesas del hidrógeno verde*. Observatorio Petrolero Sur. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://opsur.org.ar/2022/06/23/las-mil-promesas-del-hidrogeno-verde/>.
- Climate Analytics. (2024). *Tripling renewables by 2030: Interpreting the global goal at the regional level*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://climateanalytics.org/publications/tripling-renewables-by-2030-interpreting-the-global-goal-at-the-regional-level>.
- Delegación de la Unión Europea en Chile. (2024, 29 febrero). *El Parlamento Europeo aprueba el Acuerdo Marco Avanzado Unión Europea-Chile*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://www.eeas.europa.eu/delegations/chile/el-parlamento-europeo-aprueba-el-acuerdo-marco-avanzado-union-europea-chile_es.
- GIZ. (2023). *Encadenamientos productivos de la industria del hidrógeno verde y derivados en Magallanes y la Antártica Chilena: Perspectivas, desafíos y oportunidades*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2024/01/Encadenamientos-productivos-de-la-industria-del-hidrogeno-verde-y-derivados-en-Magallanes-y-la-Antartica-chilena.pdf>.
- Interferencia. (2022, 23 noviembre). *La urgencia alemana por consolidar proyectos de hidrógeno verde en Chile para llevar energía a Europa*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://interferencia.cl/articulos/la-urgencia-alemana-por-consolidar-proyectos-de-hidrogeno-verde-en-chile-para-llevar>.

- Keller, G. (2024, 4 junio). José Miguel Hernández: “Chile enfrenta desafíos regulatorios que pueden frenar el desarrollo y auge de la industria del hidrógeno”. H2News. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://h2news.cl/2024/06/04/jose-miguel-hernandez-la-industria-del-hidrogeno-verde-no-se-desarrolla>.
- Leiva, J. (2012). Pensamiento y práctica de la planificación en América Latina (Serie Gestión Pública n.º 47). CEPAL. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5603/S2012075_es.pdf.
- Maillot, A., Cariaga, V., Sapiains, R., Blanco, G., Alonso, C., & Wiegel, H. (2025). La promoción del hidrógeno “verde” frente a la gobernanza climática: Entre las promesas y la incertidumbre. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.cr2.cl/analisis-cr2-hidrogeno-gobernanza-2025>.
- Márquez Poblete, M. A., & Veloso Pérez, E. (2021). El ordenamiento territorial en Chile: Estado del arte. Estado, Gobierno y Gestión Pública, 18(35), 139-169. <https://doi.org/10.5354/0717-8980.2020.61424>.
- Ministerio de Energía. (2017). Política energética Magallanes y Antártica Chilena 2050. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_magallanes_2050.pdf.
- Ministerio de Energía. (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf.
- Ministerio de Energía. (2025). Planificación energética de largo plazo período 2023-2027: Informe definitivo. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_definitivo_pelp_2023-2027.pdf.
- Ocampo-Melgar, A., & Urquiza, A. (2024). Estudio de la gestión adaptativa en Chile: Descubriendo elementos para la resiliencia (Informe técnico). Universidad de Chile. <https://doi.org/10.34720/rtpf-7h40>.
- Pino, F. (2024). (Des)regulación territorial del “hidrógeno verde” en Chile: ¿Tema pendiente o condición habilitante? Polis (Chile), 23(69), 291-318. <https://doi.org/10.32735/S0718-6568/2024-N69-1858>.
- Seguel, R., Opazo, C., & Castillo, L. (2024). Impactos del hidrógeno en el sistema climático (Informe de política 20). Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2024/08/Policy-brief-20-Impactos-del-hidrogeno-en-el-sistema-climatico.pdf>.
- Unión Europea. (2020). Una estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra [COM (2020) 301 final]. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0301>.

Capítulo 3: Impactos sociales

- Cámara Chilena de la Construcción & Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. (2025). Índice de calidad de vida urbana 2024: Nueva generación de variables (A. Orellana, Ed.). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://icvu.cl/>.
- Centro de Estudios y Análisis del Delito. (2023). [Estadísticas sobre delitos]. Subsecretaría de Prevención del Delito. <https://cead.spd.gov.cl/>
- Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer. (2024, octubre). Observaciones finales sobre el octavo informe periódico de Chile. <https://www.refworld.org/es/pol/obspais/cedaw/2024/es/149247>
- Defensoría de la Niñez. (2023). Informe Anual 2023. Disponible en https://www.defensorianinez.cl/wp-content/uploads/2023/11/00_IA2023_web_Notas-tematicas_separado.pdf.
- ECIT – Ciencia e Ingeniería. (2023). Cadena de valor del RH2 en Chile: Proveedores de bienes y servicios de la industria del hidrógeno renovable. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2024/01/Encadenamientos-productivos-RH2-Chile.pdf>.
- GIZ, & Hincio Chile. (2021). Cuantificación del encadenamiento laboral para el desarrollo del hidrógeno en Chile bajo un escenario de exportación (P. Tello Guerra, Ed.). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.giz.de/en/downloads/h2-chile-empleos.pdf>.
- H2 Chile. (2023). Capital humano de la industria del hidrógeno renovable: Desafíos actuales y futuros. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://h2chile.cl/wp-content/uploads/2023/12/capital-humano-h2-2023.pdf>.
- INE. (2023). Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT) 2023. Disponible en: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/genero/uso-del-tiempo>.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2024). Censo de población y vivienda 2024: Resultados preliminares. Instituto Nacional de Estadísticas. <https://censo2024.ine.gob.cl/12>
- Ministerio de Energía. (2024). Plan de acción de hidrógeno verde: Respuesta a las observaciones recibidas en la consulta pública. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.planhidrogenoverde.cl>.
- Ministerio de Hacienda, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Comisión para el Mercado Financiero, Fundación ChileMujeres & Organización Internacional del Trabajo. (2024). Quinto reporte de indicadores de género en las empresas en Chile 2023. Disponible en: <https://www.economia.gob.cl/wp-content/uploads/2024/03/quinto-reporte-de-indicadores-de-genero-en-las-empresas-en-chile-2023.pdf>.
- Naciones Unidas. Comité para la Eliminación de la Discriminación contra la Mujer (CEDAW). (2024, octubre). Observaciones finales sobre

el octavo informe periódico de Chile.

- Observatorio de Justicia Ambiental. (2024). Taltal-Paposo: La amenaza de la transición energética sobre el territorio de riqueza ecosistémica y cultural del pueblo Chango. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://ejatlas.org/conflict/taltal-paposo-la-amenaza-de-la-transicion-energetica-sobre-el-territorio-de-riqueza-ecosistemica-y-cultural-del-pueblo-chango>.
- Observatorio Laboral de Magallanes. (2025). Informe de Estadísticas de Género.
- Ojeda, J. P. (2016). Afecciones Afrocolombianas: Transnacionalización y racialización del mercado del sexo en las ciudades mineras del norte de Chile. *Latin American Research Review*. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/1C1DA59321E3E9764AE BBFA713014C46/S0023879100014114a.pdf>.
- OLCA. (2024). Mujeres y conflictos ambientales: Impactos diferenciados. Disponible en: <https://olca.cl/articulo/nota.php?id=2672>.
- Women in Mining Chile. (2022). Estudio Mujer y Minería 2022. Barreras y desafíos para la incorporación y desarrollo de la mujer en la industria minera. Disponible en: <https://womeninminingchile.cl/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-Mujer-y-Mineria-2022.pdf>.

Capítulo 4: Vector energético

- Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo. (2025). Cooperación técnica para proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde. Recuperado el 2 de julio de 2025, de https://www.agcid.gob.cl/images/centro_documentacion/H2_VERDE_BROCHURE_2022.pdf.
- Agencia Internacional de Energías Renovables. (2021). Green hydrogen supply: A guide to policy making. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.irena.org/publications/2021/May/Green-Hydrogen-Supply>.
- Andaluz, J., Monedero, S., & Nualart, J. (2021). Hidrógeno: ¿La nueva panacea? Mitos y realidades de las expectativas del hidrógeno en el Estado español. *Ecologistas en Acción & Observatori del Deute en la Globalització*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://odg.cat/wp-content/uploads/2021/11/Hidrogeno-la-nueva-panacea.pdf>.
- Asociación de Empresas Generadoras Eléctricas de Chile. (n.d.). Generación eléctrica en Chile. Asociación de Empresas Generadoras Eléctricas de Chile. Recuperado de <https://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile/>
- Asociación de Hidrógeno de Colombia. (2023). (Título no especificado en el texto, se usa la institución y año).
- Basse, N. (2024). Green colonialism in colonial structures: A Pan-African perspective. En M. Lang, M. A. Manahan, & B. Bringel (Comps.), *The geopolitics of green colonialism* (pp. 130-141). Pluto Press..
- Bringel, B., & Svampa, M. (2023). Del «consenso de los commodities» al «consenso de la descarbonización». *Nueva Sociedad*, 306. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://nuso.org/articulo/306-del-consenso-de-los-commodities-al-consenso-de-la-descarbonizacion/>.
- Business Norway. (2024). How much energy does a wind turbine produce? Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://businessnorway.com/articles/turbinas-eolicas-y-produccion-energetica>.
- Capellán-Pérez, I., de Castro, C., Mediavilla, M., & Miguel, L. J. (2020). Dynamic energy return on investment (EROI) and material requirements in scenarios of global transition to renewable energies. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100436>.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. (2021). Qué pasa si la sal que se extrae del proceso de desalinización se devuelve al mar (Cápsula climática). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.cr2.cl/capsula-climatica-salmuera>.
- Dietz, K. (2024). Global energy transitions and green extractivism. En M. Lang, M. A. Manahan, & B. Bringel (Comps.), *The geopolitics of green colonialism* (pp. 27-39). Pluto Press..
- Edelmag. (n.d.). [Información sobre el sector eléctrico y sistemas aislados en Magallanes]. Edelmag. Recuperado de www.edelmag.cl
- Enel. (n.d.). Haru Oni: Hidrógeno verde hecho en Chile. Enel. Recuperado de <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/haru-oni-hidrogeno-verde-hecho-en-chile.html>
- García, P., Aninat, M., & Bravo, C. (2025). Industria del hidrógeno verde en Chile: Desafíos para su implementación (Serie Iniciativa Crecimiento Sostenible). Universidad Adolfo Ibáñez. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://negocios.uai.cl/hidrogeno-verde-desafios-2025.pdf>.
- IEA. (2019). (Título no especificado en el texto, se usa la institución y año).
- Ministerio de Energía. (2019). Según estudio del Ministerio de Energía, Región de Magallanes podría llegar a producir el 13% de hidrógeno verde del mundo con energía eólica. Ministerio de Energía. <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>
- FARN. (2023). Hidrógeno Verde: falsas soluciones en la transición energética en Chile. Los desafíos socioambientales del combustible del futuro.
- Pérez, A., Cañada, B., Pérez, M., & Nualart, J. (2023). La mina, la fábrica y la tienda: Dinámicas globales de la “transición verde” y sus consecuencias en el “triángulo del litio”. *Observatori del Deute en la Globalització*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://odg.cat/es/publicacion/la-mina-la-fabrica-y-la-tienda>.

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019). Carbono cero: Oportunidad, costo y beneficios de la descarbonización acoplada de los sectores de la electricidad y el transporte en América Latina y el Caribe. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.unep.org/es/resources/informe/carbono-cero-america-latina-y-el-caribe>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Rosenow, J. (2024). A meta-review of 54 studies on hydrogen heating. *Cell Reports Sustainability*, 1(1), 100010. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2023.100010>.
- Servicio Geológico Colombiano. (2023). (Título no especificado en el texto, se usa la institución y año).
- Silva, N., & Purcell, J. (2024). Hidrógeno verde en Chile: Una oportunidad para el mundo. InvestChile. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://investchile.gob.cl/wp-content/uploads/2024/05/Hidrogeno-Verde-Chile-2024.pdf>.
- Svampa, M. (2023). Del «consenso de los commodities» al «consenso de la descarbonización». *Nueva Sociedad*, 306. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://nuso.org/articulo/306-del-consenso-de-los-commodities-al-consenso-de-la-descarbonizacion/>.

Capítulo 5: Modelo de financiamiento

- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (2023). Programa de Apoyo al Desarrollo de la Industria del Hidrógeno Verde (Préstamo CL-1234). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.caf.com>.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). Programa de Apoyo al Desarrollo de la Industria de Hidrógeno Verde en Chile (Préstamo CH-L1168). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.iadb.org/es/project/CH-L1168>.
- Banco Mundial. (2025). Chile Green Hydrogen Facility to Support a Green, Resilient and Inclusive Economic Development (Proyecto WB-P177533). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/project-detail/P177533>.
- Bitrán, E. (2025, 12 febrero). Corfo ante el desafío de la transparencia. *La Tercera*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.latercera.com>.
- Doig, A., & Seeger, M. (2023, 6 diciembre). Multilateral banks should beware hydrogen hype. *Energy Monitor*. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.energymonitor.ai>.
- Banco Europeo de Inversiones. (2023). Chile – Team Europe Green Hydrogen Platform (Proyecto EIB-20220628). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.eib.org/en/projects/pipelines/all/20220628>.
- Kreditanstalt für Wiederaufbau. (2023). Loan agreement for the Chile Green Hydrogen Facility (Documento interno)..
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. (2023). Ventana al Futuro: Asignación de terrenos fiscales para hidrógeno verde en Magallanes. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://olca.cl>.
- Team Europe Initiative for the Development of Renewable Hydrogen in Chile. (2024). Global Gateway RH2 platform brochure. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://teameuropeh2.com/wp-content/uploads/2024/03/TEI-Brochure-v3-EN.pdf>.
- World Bank. (2025). Environmental and social review summary: Chile Green Hydrogen Facility (P177533). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/>.

Capítulo 6: Análisis de proyectos ingresados

- HIF Global & Enel Green Power Chile. (2023). Estudio de Impacto Ambiental: Parque Eólico Faro del Sur (Exp. 211202300012). Servicio de Evaluación Ambiental. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://seia.sea.gob.cl>.
- HNH Energy SpA. (2023). Estudio de Impacto Ambiental: Proyecto integral para la producción y exportación de amoníaco verde (Exp. 211202300016). Servicio de Evaluación Ambiental. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://seia.sea.gob.cl>.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2024). Censo de población y vivienda 2024: Resultados preliminares. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.ine.gob.cl>.
- Ministerio de Agricultura. (2023). Resolución exenta 112/2023 que declara emergencia agrícola por déficit hídrico en la comuna de San Gregorio. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.bcn.cl/leychile>.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2023). Informe consolidado de solicitudes de aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones (ICSARA n.º 1): Proyecto amoníaco verde – HNH Energy. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://seia.sea.gob.cl>.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2024a). Informe consolidado (ICSARA n.º 2): Parque Eólico Faro del Sur – Participación ciudadana. Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://seia.sea.gob.cl>.
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2024b). Guía para la evaluación de efectos acumulativos y sinérgicos en el SEIA (Versión 3). Recuperado el 2 de julio de 2025, de <https://www.sea.gob.cl>.