

Hidrógeno verde “a la chilena”: Análisis crítico de la (des)regulación del hidrógeno en Chile

Durante la última década, parte importante de los esfuerzos para enfrentar la crisis climática y ecológica se han traducido en la promoción de una “transición energética acelerada” (*rapid energy transition*), como principal estrategia de mitigación para la emisión de gases de efecto invernadero (IRENA, 2023; ONU, 2024). Dicha agenda ha sido fuertemente promovida por diversos organismos multilaterales, incluyendo la Agencia Internacional de Energía (IEA); la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el Banco Mundial, y el Banco Interamericano de Inversiones (BID). A nivel gubernamental, varios Estados miembro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático también han sido promotores de dicha estrategia, principalmente países de renta alta con agendas climáticas ambiciosas, así como países de renta media y baja con abundancia en recursos renovables.

La transición energética acelerada está lejos de ser una idea nueva, de hecho, se construye sobre una demanda histórica de los movimientos por la justicia climática (Climate Action Network, 2023). Ello, considerando que los plazos comprometidos por los Estados para la desfossilización de sus economías todavía oscilan entre el 2050 al 2060. En ese sentido, incluso desde antes de la entrada en vigencia del Acuerdo de París, activistas y científicos han abogado por acelerar los esfuerzos de transformación de los

sistemas energéticos entre el 2030 y 2040 (IPCC, 2023), dependiendo del contexto y capacidad de cada país.

Así, luego de varios años con limitada ambición en materia de mitigación del cambio climático, diversos factores han permitido la catalización de los procesos de transición energética a nivel global, entre ellos, una reducción sin precedentes en el costo de la tecnología para la generación de energías renovables (Roser, 2024), y un cambio geopolítico de prioridades asociado a la crisis energética europea generada por factores como la guerra ruso-ucraniana (Wiertz et al., 2023; European Investment Bank, 2024).

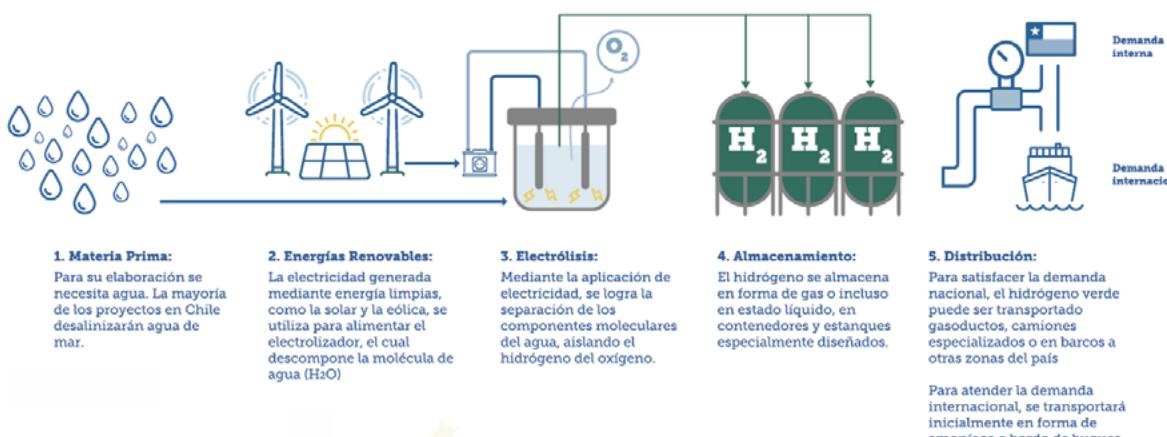
Sin embargo, a pesar de la ampliación del consenso sobre la necesidad de acelerar y escalar la transición energética global, el logro de este objetivo todavía requiere de la superación de ciertos “problemas persistentes” que limitan la competitividad de las energías renovables frente a los combustibles fósiles para el suministro energético industrial y domiciliario (Pino, 2024). Entre ellos encontramos, principalmente: (1) la variabilidad del suministro energético renovable; (2) las dificultades de almacenamiento de la energía renovable para palear dicha inestabilidad; y (3) las dificultades técnicas para la electrificación de ciertos procesos industriales.

En ese contexto, el “hidrógeno verde” (H2V), es decir, el hidrógeno generado en complejos industriales alimentados completamente por energías renovables, se ha posicionado como

una alternativa atractiva para abordar estos problemas persistentes de los sistemas de energía renovables (IRENA, 2022), ya que en su calidad de “combustible bajo en emisiones” tendría el potencial de habilitar el uso de energías renovables en procesos industriales no electrificables, junto con permitir el almacenamiento y transporte de energía renovable (vector energético) en forma de hidrógeno o amoniaco.

A pesar de su aparente potencial como vector de energías renovables, organizaciones ambientales, comunidades locales, académicos, y hasta expertos del sector energético han manifestado su preocupación por el uso del H2V como estrategia para una aceleración de la transición energética a escala global (Naluart y Gros, 2024). Ello, a propósito de los impactos socioambientales que proyecta el despliegue de la industria en países del Sur Global. En ese sentido, muchos anticipan que los riesgos de esta industria orientada a aportar en los esfuerzos de mitigación de emisiones, podría profundizar los impactos de aquellas comunidades precisamente más vulnerables al cambio climático (Tunn et al., 2024).

Los impactos asociados a esta industria se vinculan, por una parte, por la amplitud de la cadena de valor necesaria para la generación y comercialización del H2V (SEA, 2024), incluyendo usualmente plantas desalinizadoras (para el abastecimiento y desmineralización de agua), mega-proyectos de energía renovable (principalmente parques solares o eólicos), plantas de electrólisis (el proceso para separar el hidrógeno



Fuente: Ministerio de Energía, Chile (2024)

de la molécula de agua desmineralizada), plantas de almacenamiento de hidrógeno o amónico, e incluso la construcción de nuevos puertos para la exportación de este combustible.

En esa línea, un despliegue acelerado e intenso de proyectos de H2V proyecta inevitablemente impactos significativos en biodiversidad, particularmente en fauna marina y aves en estado de conservación; y amenaza los estilos de vida y medios de subsistencia de comunidades locales e indígenas (Toledo, 2024). Por lo mismo, la consideración del H2V como una alternativa legítima y eficiente para la lucha contra el cambio climático, los Estados y desarrolladores están llamados a proponer su implementación en el marco del desarrollo sustentable y transición justa, es decir, asegurando el respeto irrestricto a derechos humanos y la protección de la naturaleza. Sin embargo, a la fecha los impactos suelen ser subestimados por dichos actores, y por lo tanto, no debidamente identificados, mitigados ni reparados.

Al respecto, se ha identificado que los potenciales impactos del uso de esta tecnología suelen multiplicarse mientras mayor es la escala espacial de los proyectos. A su vez, es posible identificar que los proyectos de mayor escala (de “escalas giga” o “gigaproyectos”) son aquellos configurados para la exportación intercontinental de H2V (H2Chile, 2024), muchos de ellos para suprir la demanda proyectada de este combustible en Europa, Norteamérica y Asia. Así, en un escenario en que los precios del H2V todavía son significativamente menos competitivos que los del hidrógeno generado con combustibles fósiles (Ueckerdt, 2024), los países que buscan posicionarse como exportadores de este combustible suelen promover la generación de economías de escala a través de la generación de “polos de desarrollo” de hidrógeno, como principal estrategia para abaratar los costos de generación. Lo anterior, sin embargo, aumenta la probabilidad y magnitud de impactos sinérgicos y acumulativos de la industria.

Chile, producto de sus destacadas condiciones para el desarrollo de energía renovable y otras aptitudes geográficas, es uno de los principales

candidatos para el desarrollo de H2V para exportación. En ese contexto, el Estado chileno es uno de los que ha promovido polos de desarrollo de H2V, lo cual ha sido expresado en las diversas políticas públicas orientadas al despliegue y habilitación de la industria (Ministerio de Energía, 2020). En ellas, el país se ha propuesto impulsar dos polos, uno en la Región de Antofagasta y el otro en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, durante lo que queda de esta década.

Así, a la agenda global de aceleración de la transición energética para cumplir con las metas climáticas que nos hemos propuesto, en Chile (y en otros países Latinoamericanos) se le suma una intención de aprovechar una supuesta “ventana de oportunidad” que se abriría a propósito de la reorganización del mercado energético global, con el objetivo de posicionar al país como el principal proveedor global de H2V. En ese sentido, el gobierno chileno enmarca el desarrollo del H2V como una estrategia para acelerar la transición energética, a la vez que diversificar la economía del país a través de la exportación de este combustible bajo en emisiones (Ministerio de Energía, 2024).

A pesar de la apuesta del Estado chileno por el uso masivo esta tecnología, la cual ya se encuentra incorporada en la mayoría de las políticas climáticas y energéticas como una condición necesaria para alcanzar la carbono neutralidad, la percepción sobre está agenda está marcada por una sensación de incertidumbre. Por una parte, expertos en materia ambiental tienen preocupaciones legítimas por una proliferación y concentración de megaproyectos de H2V, que si bien no han finalizado sus evaluaciones ambientales (Cabaña, 2024), proyectan impactos severos en biodiversidad endémica y en estado de conservación, así como una demanda importante de agua en un contexto de megasequía en Chile. A su vez, desde el sector económico han manifestado su preocupación por el costo de los proyectos, muchos de los cuales no logran identificar un punto de equilibrio en los costos de este combustible (Dialogue Earth, 2022). Finalmente, varias comunidades locales e indígenas que habitan en los territorios priorizados han manifestado su preocupación por la falta de información sobre

los potenciales impactos en el acceso servicios básicos y sistemas de vida (Sánchez y Cabaña, 2023), a propósito los drásticos cambios en los sistemas urbanos y al aumento exponencial de la población.

En ese contexto, el derecho se constituye como una de las herramientas para dotar de certidumbre el eventual desarrollo de esta industria, la cual ha sido promovida principalmente a través de estrategias, planes, y otros documentos no vinculantes (Eterovic, 2023). Sin embargo, pareciera ser que los esfuerzos regulatorios han priorizado aquellos aspectos que dan certeza desde la mirada de las inversiones, y no han observado con la misma atención la certeza de protección ambiental y ordenamiento territorial que se requiere para que la industria pueda desplegarse dentro de un marco de desarrollo sustentable y transición justa, como lo ordenan la totalidad de las políticas aplicables a la misma. De hecho, pareciera que, en ciertos aspectos, el Estado ha promovido una desregulación que permite un despliegue incondicional de los proyectos en ciertos territorios del país, como estrategia para promover la inversión en esta industria catalogada como estratégica.

El presente apunte busca, entonces, aportar al debate público sobre el eventual desarrollo de esta industria en nuestro país a través de la identificación de las medidas legislativas y regulatorias que el Estado de Chile se ha comprometido a implementar para prevenir los impactos potenciales de esta industria, analizar la oportunidad y eficacia de dichas medidas desde una dimensión socioecológica, y, eventualmente, proponer una serie de recomendaciones para un uso de esta tecnología dentro de un marco de justicia ambiental y climática.

Primeros pasos: Reconocimiento del hidrógeno como vector energético

Como se señaló anteriormente, los primeros actos públicos orientados a materializar una agenda de desarrollo de H2V en Chile fueron el diseño y publicación de políticas públicas. La primera de ellas, la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (ENH2V), estableció ciertas metas y principios

no vinculantes para el desarrollo de la industria, basado en una serie de estudios realizados por el Ministerio de Energía (MEN) que acreditaban el potencial del país para desarrollar y exportar este combustible a gran escala.

Previo a la publicación de la ENH2V, las políticas climáticas de Chile como su NDC y la Estrategia Climática de Largo Plazo no consideraban el H2V como una alternativa significativa en las estrategias hacia la descarbonización de la matriz energética, salvo medidas muy específicas orientadas a ciertas industrias. Sin embargo, desde el 2021 en adelante, la mayoría de las políticas para la acción climática y transición energética comenzarían a integrar el H2V como una condición *sine qua non* hacia la carbono-neutralidad, reflejando una modificación importante en la estrategia de transición energética en Chile, que hasta ese momento estaba centrada en el uso directo de energías renovables y una emergente agenda de electromovilidad.

Sin embargo, un aspecto que no deja de llamar la atención es que, a la fecha de la publicación de la ENH2V, el Ministerio de Energía no tenía competencia para regular la generación de hidrógeno en Chile. Ello, debido a que hasta ese momento el hidrógeno solo se encontraba regulado en su calidad de sustancia peligrosa (inflamable) bajo la regulación del Ministerio de Salud (Eterovic, 2023). Así, la única competente para su regulación era dicha cartera, y su uso como “vector energético” (es decir, como dispositivo para el almacenamiento y transporte de energía) no era posible. Si bien al tratarse de una estrategia indicativa, dicha descoordinación no es suficiente para cuestionar la validez de la ENH2V, sí es un ejemplo interesante de los acelerados inicios de la agenda inaugurada en los últimos meses del gobierno del expresidente Sebastián Piñera.

No sería hasta la modificación de la Ley que crea el Ministerio de Energía a través de la Ley sobre Eficiencia Energética que se incorporaría al listado de materias competencia del MEN el “hidrógeno y combustibles a partir del hidrógeno, y demás fuentes energéticas y vectores

energéticos". La misma Ley sobre eficiencia energética incorporó dentro de las definiciones de la Ley General de Servicios Eléctricos los sistemas de generación-consumo, indicando que estos corresponden a la "infraestructura productiva destinada a fines tales como la producción de hidrógeno o la desalinización del agua, con capacidad de generación propia mediante medios de generación renovable, que se conecta al sistema eléctrico a través de un único punto de conexión y que puede retirar energía del sistema eléctrico a través de un suministrador o injectarle sus excedentes", reconociendo una función vital para el funcionamiento de los proyectos de H2V. Al respecto, una cuestión importante es el hecho de que el vector energético en la Ley General de Servicios Eléctricos es el hidrógeno "a secas", es decir, no solo aquel generado a partir de energía renovable, a pesar de que la regulación de los sistemas de generación-consumo si refieren expresamente a ese tipo de matriz.

Aún cuando la publicación de la Ley de Eficiencia Energética se posiciona como un hito regulatorio clave para habilitar las posteriores estrategias normativas de la cartera en esta materia, es clave comprender que las leyes y regulaciones desarrolladas por el Ministerio de Energía para la transición energética y el *phase-in* de energías renovables (principalmente solar y eólica) son también un paso necesario para habilitar el eventual desarrollo de la industria del hidrógeno verde. En ese sentido, es posible señalar que los esfuerzos regulatorios se han enfocado en la remoción de barreras económicas para incentivar el desarrollo de energías renovables, más no necesariamente en medidas para prevenir los eventuales impactos que estos proyectos pueden tener en ecosistemas y comunidades locales.

Así, los principales esfuerzos en esa dimensión pueden asociarse con los procesos de planificación energética a través de la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) y los respectivos Polos de Desarrollo de Generación Eléctrica (PDGE), a los cuales se les han agregado

recientemente los nuevos Planes Estratégicos de Energía en Regiones (PEER). Toda vez que dichos instrumentos deben pasar por Evaluación Ambiental Estratégica, se podría decir que son una de las medidas para la identificación y prevención de algunos impactos ambientales generales, a pesar de que el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica chileno aún tiene un impacto muy limitado en la evaluación de políticas públicas, las cuales no suelen implicar cambios significativos a las políticas que pasan por dicho sistema.

A su vez, el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) tampoco ha tomado medidas específicas para mejorar la identificación y prevención de impactos de los proyectos de energías renovables, posiblemente por una subestimación de los mismos, que deviene en una baja prioridad por sobre otras agendas. En ese sentido, parte importante de la estrategia de gestión ambiental del MMA frente a las energías renovables ha sido la publicación de guías e instructivos, para orientar a los titulares hacia una mejor formulación de proyectos¹. Sin embargo, el funcionamiento actual del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental arrastra problemas que no exceptúan a las energías renovables, por mucho que sus impactos puedan ser más leves que proyectos de energía fósil. Así, la falta de una actualización y mejoramiento del acceso a la información y procesos de participación ciudadana (Panel Ciudadano H2 Magallanes, 2023), en un contexto de proliferación de nuevos proyectos con nuevas tecnologías y, por tanto, con impactos aun poco conocidos, ha dificultado la "legitimación social" de incluso otros proyectos de energía renovable a lo largo del país.

En esa línea, será clave para un análisis objetivo de la industria desde una perspectiva ecológica, considerar que los primeros esfuerzos regulatorios del H2V en nuestro país se construyen por sobre la legislación y regulación para la habilitación de las energías renovables en Chile, y que por lo tanto muchos de los problemas y tensiones con los que carga la industria son una

¹ Ver: "Criterio de evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA" y "Criterio de evaluación en el SEIA: Introducción a los proyectos de hidrógeno verde": <https://www.sea.gob.cl/criterios-de-evaluacion-en-el-seia>

herencia de los vacíos regulatorios para la prevención de los impactos socioambientales de las energías renovables, tanto desde el sector energético como ambiental.

De lo político a lo regulatorio: “Condiciones habilitantes” del H2V

Una vez establecida la competencia del MEN para la regulación y gestión del H2V, comienza un proceso hacia la consolidación de ciertas “condiciones habilitantes” identificadas como prioritarias para el desarrollo del H2V. Al respecto, es necesario entender que uno de los primeros esfuerzos en esa línea fue precisamente la publicación de la ENH2V, como mensaje para diversos gremios vinculados a la industria (minería, energético, portuario, entre otros) sobre la priorización estatal de esta agenda, de cara a promover la inversión. Adicionalmente, la búsqueda de financiamiento para el desarrollo de proyectos piloto, con un rol protagónico de la Corporación de Fomento al Desarrollo (CORFO), también es reconocible como un esfuerzo hacia asegurar un contexto atractivo para la inversión, en ese caso, la mitigación del riesgo económico en que incursionarían los primeros desarrolladores.

Sin embargo, a medida que las bases del modelo propuesto y sus alternativas de financiamiento fueron tomando forma, se abrió una agenda de condiciones habilitantes más vinculadas al diseño de regulaciones necesarias para la operación de los primeros proyectos piloto. A continuación, destacamos algunas de las estrategias o instrumentos regulatorios impulsados en pos de generar dicho escenario favorable.

1. Autorización de “proyectos especiales” de hidrógeno.

Una de las primeras prioridades regulatorias del MEN fue la necesidad de establecer un procedimiento para la autorización de ciertos proyectos piloto o pioneros, en el intertanto se dictó la legislación y regulación específica, con el fin de no paralizar completamente las inversiones

durante ese intervalo. Con ese objetivo, se publicó la “Guía de apoyo para la solicitud de autorización de proyectos especiales de hidrógeno” por parte de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), la cual establece el protocolo para que los titulares que quieran implementar proyectos de H2V puedan autorizar la instalación de dichos sistemas de equipos y componentes. En ese sentido, el objetivo de este proceso es, por una parte, contar con un registro de las instalaciones de H2V en el país, así como autorizar el uso de dichas tecnologías, acreditando la observancia y cumplimiento de normas técnicas internacionalmente reconocidas ante la SEC, la cual a su vez deberá establecer las condiciones para su implementación de acuerdo con las especificaciones de cada caso.

Ante la falta de regulación específica ambiental, energética e industrial en la materia, con varios reglamentos todavía en etapa de diseño o aprobación, este procedimiento se ha posicionado como la principal alternativa para los titulares que quieren implementar proyectos en el corto plazo. De hecho, su rol preponderante se ha confirmado a través de la publicación de una versión actualizada de la Guía², bajo el apoyo del proyecto “Team Europe para el Desarrollo del Hidrógeno Renovable en Chile”. Sin embargo, el uso de este modelo no ha estado exento de críticas, tanto por su extensión en el tiempo (en contradicción a su supuesta condición transitória), y por su incapacidad para identificar y prevenir adecuadamente los impactos ambientales de los proyectos propuestos. Algo similar ha ocurrido con otras guías específicas sectoriales, como la “Guía de implementación de pilotos y validación de tecnologías que utilizan hidrógeno como combustible en minería”.

2. Guías y criterios para la evaluación ambiental de proyectos

En lo que respecta al rol del MMA, se han dedicado al diseño y publicación de guías y criterios para orientar a titulares que deban ingresar sus proyectos de H2V a evaluación ambiental. En

2 Ver: <https://h2news.cl/2024/10/23/se-publica-la-nueva-guia-de-apoyo-para-la-solicitud-de-autorizacion-de-proyectos-especiales-de-hidrogeno-en-chile/>

ese marco, se publicó el criterio de evaluación en el SEIA titulado “introducción a proyectos de hidrógeno verde”, el cual explica el funcionamiento de la cadena de valor del H2V, y, reconociendo que “no existe una tipología específica para proyectos de producción, almacenamiento o transporte de hidrógeno verde”, propone las tipologías que podrían ser aplicables a estos proyectos. Entre ellas, se incluyen: acueductos u otras obras para el transporte de agua; líneas de transmisión de alto voltaje y sus subestaciones; centrales de energía mayores a 3 MW; producción, disposición, reutilización o transporte de sustancias tóxicas, corrosivas o reactivas (como metanol y amoniaco, entre otros); emisarios submarinos. Asimismo, se incluyen los literales que consideran las obras ejecutadas en un área de protección oficial, o aquellas que puedan alterar humedales urbanos.

Posteriormente, el MMA publicó otro criterio de evaluación titulado “Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA”. A diferencia del criterio anterior, eminentemente descriptivo, esta publicación implica un reconocimiento tácito de dos de los principales problemas que nuestra regulación ambiental tiene respecto de los proyectos de H2V: por una parte, la fragmentación de su evaluación y la respectiva inidoneidad de la norma que prohíbe el “fraccionamiento” para prevenir esa atomización; y por otra, la debilidad de nuestra regulación de evaluación de impactos ambientales para identificar y mitigar los impactos acumulativos y sinérgicos que genera la cadena de valor y concentración de proyectos de H2V en los territorios priorizados.

Así, considerando que la prohibición de fraccionamiento que incluye la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente está exclusivamente orientada a evitar casos de elusión o “ingreso elusivo”³ al SEIA, está siempre ha dejado un vacío legal respecto de los casos en que los titulares, a sabiendas, fragmentan un proyecto en partes interdependientes, en donde cada una

de ellas ingresa vía Estudio de Impacto Ambiental (es decir, la vía de ingreso más estricta para la evaluación ambiental) (Pérez, 2018). De esta manera, no solo se dificulta la identificación de impactos sinérgicos y acumulativos entre las distintas partes de la cadena de valor, sino que se genera una mayor carga en las comunidades locales, quienes deben someterse a varios procesos de participación ciudadana y/o consulta indígena, y eventualmente a múltiples instancias administrativas o judiciales, por cada uno de los sub-proyectos ingresados.

Dicho problema regulatorio genera efectos particularmente significativos en los proyectos de H2V, puesto que, debido a la extensa “cadena de valor” de los mismos, es normal ver el ingreso por separado de sus distintas partes (plantas desalinizadoras, parques de energía renovable, plantas de electrólisis, plantas de almacenamiento o conversión, e incluso puertos, en ciertos casos). Lo anterior, resulta aún más grave si consideramos la particular interdependencia que ocurre entre cada una de estas actividades, en el caso del H2V. Así, una planta de electrólisis que fue evaluada para producir “hidrógeno verde”, solo podrá funcionar si se aprueba el proyecto de energía renovable asociado, puesto que el uso de cualquier otra fuente de energía resultaría en la generación de “hidrógeno gris” o “hidrógeno azul”, lo cual haría necesaria una modificación significativa del proyecto, y una reevaluación de todos sus impactos ambientales.

Así, si bien la promoción de una “evaluación integral” de proyectos implica un reconocimiento de esta paradoja y de los problemas que esto genera para la evaluación fidedigna de impactos ambientales, abordar este problema regulatorio a través de la publicación de guías y criterios, tiene efectos sumamente limitados tanto en el comportamiento de los titulares como en el actuar de la Administración del Estado.

³ Con esto nos referimos a aquellos proyectos que, debiendo ingresar mediante un Estudio de Impacto Ambiental, intentan ingresar mediante una Declaración de Impacto Ambiental a partir de una subestimación del alcance y magnitud de los impactos ambientales provocados.

3. Procedimientos especiales de concesión y definiciones uso de suelo

Otra estrategia regulatoria con impactos significativos en el despliegue de la agenda de H2V en Chile fue el “Plan Nacional de Fomento a la Producción de Hidrógeno Verde en Territorio Fiscal”, publicado a través de la Resolución Exenta N°998 de 2021 del Ministerio de Bienes Nacionales, más conocida como la iniciativa “Ventana al Futuro”. El objetivo de dicho Plan, diseñado en conjunto con los Ministerios de Energía y Economía, fue “establecer lineamientos que constituyan un marco referencial para la toma de decisiones en la administración del patrimonio fiscal”, reconociendo como una de las barreras para el despliegue de proyectos de H2V los procesos de concesión de suelo fiscal para el desarrollo de los mismos, de cara al intensivo uso de suelo que los proyectos de H2V a gran escala suelen llevar aparejados.

En la práctica, la iniciativa “Ventana al Futuro” estableció un formato de “ventanilla única” para que particulares, en un periodo de aproximadamente dos semanas, pudiesen ingresar solicitudes especiales de concesiones onerosas vía directa (es decir, sin un proceso de licitación), las cuales podrían otorgarse por un periodo de hasta 40 años. Algunas de las condiciones establecidas por el Plan fueron: (1) que los terrenos fiscales se encontrasen disponibles y que no fuesen objeto de planificación territorial incompatible; (2) que los proyectos propuestos fuesen plantas de electrólisis de al menos 20 MW de capacidad instalada, o bien, proyectos de autoconsumo de energías renovables de al menos 40 MW (equivalente a un rango de 80 a 400 ha, dependiendo del tipo de tecnología).

Así, en el marco de esta iniciativa se encuentran en tramitación 25 solicitudes de concesión onerosa, que comprenden 16 proyectos de H2V, la gran mayoría de ellos emplazados en la región de Antofagasta. Sin embargo, este proceso especial y acelerado de concesiones directas también fue objeto de críticas por parte de la sociedad civil e incluso por los Gobiernos Regionales y Municipales, quienes no fueron mayormente

consideradas en el establecimiento de criterios, ni en la evaluación de las solicitudes ingresadas, a pesar de las implicancias directas que los proyectos tendrían en sus territorios. No obstante las críticas al modelo de concesión propuesto, este formato es replicado en la hoja de ruta más reciente para el despliegue de la industria del H2V en Chile: el Plan de Acción de Hidrógeno Verde.

Adicionalmente a las tensiones políticas y regulatorias para la concesión de terrenos fiscales para el desarrollo de proyectos de H2V, la Administración ha debido resolver vacíos legales respecto del uso de suelo de estas actividades, así como la compatibilidad de estas con otras actividades productivas. Así, la implementación de estas nuevas tecnologías detonó preguntas sobre si la tipología de uso de suelo correspondiente a la generación de H2V es de categoría “actividades productivas” o de “infraestructura energética”, considerando que la cadena de valor de los proyectos incluye tanto la generación de electricidad (energía renovable) como un combustible. La respuesta a esta pregunta no es baladí, puesto que ambas categorías implican diferencias significativas en términos de compatibilidad territorial. Así, o las actividades sujetas a uso de suelo de infraestructura energética entendidas como “siempre admitidas”, cuando se sujeten a las disposiciones de los organismos competentes (en este caso, la SEC y el Servicio de Evaluación Ambiental, según corresponda).

A ese respecto, la División de Desarrollo Urbano, como entidad a cargo de la interpretación de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza, determinó que los proyectos de hidrógeno verde corresponderían a infraestructura energética, dotándolos de amplia compatibilidad territorial. Sin embargo, la misma entidad determinó que los proyectos o sub-proyectos destinados a la conversión de hidrógeno en amoniaco o metanol, deberán ser considerados como actividades productivas, toda vez que producen elementos no regulados por el MEN, a pesar de que estos están pensados para funcionar como vectores energéticos (División de Desarrollo Urbano, 2022). En ese sentido, es

posible proyectar dificultades en la aplicación práctica de estos criterios, y un probable incentivo a la fragmentación de proyectos, para asegurar mayores niveles de compatibilidad de uso de suelo en aquellas partes que no involucran la conversión de hidrógeno a otros productos.

Apuesta actual: “Hojas de ruta” regulatorias

Luego de sentar las bases del modelo a través de estrategias generales, y de un periodo de iniciativas aisladas para intentar apalancar ciertas “condiciones habilitantes” mínimas, la Administración del Estado ha optado por el establecimiento de políticas en formato “hoja de ruta”, entre las cuales destaca el Plan de Acción de

Hidrógeno Verde 2023-2030, como el principal instrumento para coordinar las acciones necesarias para el despliegue de la industria. Al respecto, es posible identificar una tendencia hacia la inclusión de medidas o estrategias regulatorias como elementos protagónicos del camino a seguir, en contraste con períodos anteriores en donde primaron las medidas que buscaban generar efectos políticos o económicos sin modificaciones legislativas o regulatorias.

Así, dentro de las 81 acciones consideradas en el Plan de Acción, es posible identificar al menos 19 medidas que implican reforma legal y regulatoria, o bien, la dictación de instrumentos de gestión ambiental o territorial, entre las cuales destacan las siguientes:

Línea de acción	Acción específica
Mecanismos económicos y financieros de impulso a la industria	11. Asignar terrenos fiscales para el desarrollo de la industria de hidrógeno verde y sus derivados. 14. Crear un fondo para créditos tributarios imputables al impuesto de primera categoría incluyendo la dimensión “verde”. 16. Incentivo tributario a la Investigación y Desarrollo, a través del fortalecimiento de la Ley I+D (20.241).
Gestión ambiental	23. Adoptar normas y/o estándares de referencia internacional ante ausencia normativa y/o estándares en el país.
Habilitación regulatoria	28. Lanzar e implementar un plan de trabajo de regulaciones habilitantes para la industria. 29. Impulsar regulación específica y habilitante para la desalinización de agua de mar.
Sistema de permisos	31. Impulsar la reforma integral de permisos sectoriales. 32. Actualizar la guía para la presentación de proyectos de hidrógeno ante la SEC 33. Elaborar y generar criterios técnicos para la evaluación ambiental de diferentes tipos de proyectos relacionados a la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados.

Compatibilidad e inserción territorial para proyectos	<p>35. Actualizar normativa relativa a la compatibilidad territorial con incidencia en la industria del hidrógeno verde en Chile.</p> <p>36. Incorporar el hidrógeno verde y sus derivados y su cadena de valor, en las materias a considerar en los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) e Instrumentos de Ordenamiento Territorial (IOT) existentes o en elaboración.</p> <p>37. Desarrollar instrumentos de planificación energética con enfoque territorial focalizados en regiones con proyección de albergar proyectos de hidrógeno verde y sus derivados.</p> <p>38. Desarrollar planes maestros de áreas industriales donde se concentrarán los proyectos de hidrógeno verde y su cadena de valor.</p>
Desarrollo de infraestructura habilitante	<p>40. Planificar el desarrollo de infraestructura habilitante para la industria del hidrógeno verde y sus derivados.</p> <p>42. Licitar terrenos fiscales para el desarrollo de infraestructura de la cadena de valor de la industria del hidrógeno verde y sus derivados.</p>
Reto demográfico de la transición energética	<p>43. Elaborar instrumentos de Planificación Territorial (IPT) que aborden el desarrollo de asentamientos humanos.</p> <p>44. Revisar la regulación en materia de asentamientos humanos temporales.</p>
Transmisión eléctrica y costos de energía	<p>47. Modificar cuerpos reglamentarios para abordar la operación de los sistemas generación-consumo definidos en la Ley Eléctrica.</p>
Apertura de mercados internacionales	<p>77. Suscripción e implementación de los instrumentos de cooperación internacional.</p>

Dichas medidas serán prontamente reforzadas por el “Plan de trabajo de regulaciones habilitantes para el desarrollo de la industria de hidrógeno en Chile 2024-2030” (Ministerio de Energía, 2024), el cual es, a su vez, la acción N°28 comprometida el Plan de Acción, publicado en septiembre de 2024. En él, se enumeran 20 regulaciones que deben ser creadas o modificadas por los Ministerios de Energía, Salud, Transportes y Telecomunicaciones, y Minería.

El documento, según señala, se centra en “la construcción normativa sectorial para regular la cadena de valor del hidrógeno, garantizando la

coherencia normativa entre los servicios involucrados”, incluyendo también mecanismos de seguimiento y evaluación para la implementación de eventuales ajustes necesarios. A su vez, el documento considera un cronograma que indica, para cada caso, los plazos de inicio del trabajo normativo, y el primer ingreso a Contraloría General de la República del texto propuesto. Las medidas consideradas contaron con un proceso de observación y retroalimentación por parte de la industria, incluyendo gremios, academia y empresas. Las regulaciones comprometidas se resumen en la siguiente tabla:

Ministerio a cargo	Regulación comprometida
Ministerio de Energía (MEN)	<p>DS 13/22 MEN Reglamento de seguridad de instalaciones de hidrógeno (modificación).</p> <p>Normas técnicas de calidad para el hidrógeno y de procedimiento de control aplicables para los parámetros correspondientes.</p> <p>DS 132/79 del MINMINERIA: Establece normas técnicas de calidad y de procedimiento de control aplicables al petróleo crudo, a los combustibles derivados de este y a cualquier otra clase de combustible (modificación).</p> <p>DS 280/09 MINECON: Reglamento de seguridad transporte y distribución de gas de red (modificación).</p> <p>DS 66/07 MINECON: Reglamento de instalaciones interiores y medidores de gas (modificación).</p> <p>Regulación para las estaciones de dispensado de hidrógeno.</p> <p>Ley General de Servicios Eléctricos (modificación).</p> <p>DS 125/17 MEN: Reglamento de la coordinación y operación del sistema eléctrico (modificación).</p> <p>Regulación para las estaciones de dispensado público multicombustible.</p> <p>Regulación de calidad de mezcla de gas natural con hidrógeno.</p>
Ministerio de Salud (MINSAL)	<p>DS43/15 MINSAL: Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas (modificación).</p> <p>DS594/99 MINSAL: Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (modificación).</p>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT)	D298/94 MTT: Reglamenta transporte de cargas peligrosas por calles y caminos (modificación). Regulación para certificado de homologación de vehículos nuevos.
Ministerio de Minería (MINMINERIA)	DS 132/02 MINMINERIA: Reglamento de Seguridad Minera (modificación).

Al respecto, destaca inmediatamente la ausencia de los Ministerios de Medio Ambiente, Bienes Nacionales y Vivienda, como agentes clave en el desarrollo de regulación asociada a la preventión de impactos socioambientales, y responsables de la eventual compatibilidad territorial de la industria con otros usos en los territorios priorizados. En ese sentido, el documento favorece aquellas modificaciones necesarias para el despliegue expedito de proyectos e inversiones, pero no así aquellas modificaciones necesarias para asegurar el resguardo apropiado a comunidades y ecosistemas potencialmente afectados. Dicha separación y priorización es particularmente problemática, ya que sin duda dificultará la coherencia de las modificaciones propuestas con las necesarias en materias ambientales y territoriales, así como también la coordinación integral de todos los ministerios necesarios para asegurar el cumplimiento de estándares de sustentabilidad y derechos humanos.

Conclusiones

El Estado Chileno ha dado un rol protagónico al desarrollo del hidrógeno verde en sus estrategias para acelerar la transición energética del país. Luego de una primera fase de política pública orientada hacia la consolidación del Chile como un potencial líder en un eventual mercado de H2V, hoy el gobierno ha avanzado hacia una estrategia legislativa y regulatoria, centrada en la habilitación de las condiciones técnicas mínimas para el desarrollo de los primeros proyectos “de escala comercial”. Ello se ha traducido en una priorización de la regulación del hidrógeno

como vector energético, y de las distintas actividades industriales que componen la cadena de valor del H2V. En ese sentido, el motor de la regulación reciente parece ser la oportunidad que esta actividad representa para un eventual proceso de “industrialización verde” del país (es decir, un crecimiento económico basado en la venta de recursos renovables), más que su uso para acelerar y expandir la transición energética del país hacia una matriz 100% renovable.

Dicha aproximación ha devenido en un incentivo perverso a intencionar una mantención del escenario de desregulación ambiental y territorial aplicable a estos proyectos, por lo menos para los primeros años de su despliegue. Lo anterior, con el fin de limitar al máximo los obstáculos que podrían limitar la competitividad de esta incipiente industria. Esta peligrosa interpretación se confirma, entre otras cosas, por la limitada presencia de medidas de protección ambiental en las “hojas de ruta” del Ministerio de Energía, así como la falta priorización y urgencia de las medidas de ordenamiento territorial en dichos instrumentos.

Así, si bien se reconoce una tendencia hacia un mayor uso de leyes y regulación vinculante para la regulación de la generación y comercialización del hidrógeno, dicha tendencia suele omitir la creación o modificación de la regulación ambiental con el objetivo de asegurar el máximo nivel de sustentabilidad de la industria. Por el contrario, bajo la premisa de que estas actividades generan menores impactos ambientales que los combustibles fósiles, se ha identificado

la promoción de una regulación regresiva, que busca reducir los estándares ambientales y flexibilizar los criterios de compatibilidad territorial de los proyectos de H2V en Chile. Ello, a pesar de los significativos impactos socioambientales que el despliegue acelerado y territorialmente concentrado de actividades industriales (incluyendo mega-proyectos de energía renovable, desalinizadoras, puertos, y diversas infraestructuras industriales) puede tener en los ecosistemas y comunidades del país.

Por lo mismo, cada vez son más las organizaciones de la sociedad civil y comunidades locales que ponen en duda la posibilidad de que la industria del hidrógeno se desarrolle en nuestro país cumpliendo con los debidos estándares de sustentabilidad y en total respeto a los derechos humanos. Si bien el Gobierno de Chile ha intentado promover narrativas de “transición socioecológica justa” y “transición energética justa”, las medidas concretas a implementar para asegurar estándares mínimos de justicia suelen ser indicativas y superficiales, ignorando la necesidad de promover reformas legales y regulatorias para abordar los problemas estructurales del modelo energético, ambiental y territorial en el que se enmarca el proceso de transición energética acelerada intencionado por la Administración.

Si bien, el propósito de este apunte no es dar recomendaciones para el despliegue de una industria del H2V dentro de estos parámetros, resulta prudente nombrar algunas de las medidas urgentes que debiesen considerarse por parte de la Administración para prevenir los significativos impactos socioambientales que proyecta el modelo propuesto por el Presidente de la República y los Ministerios involucrados.

En primer lugar, se requiere una incorporación de medidas ambientales y territoriales a las agendas regulatorias aplicables al H2V. Ello implica, evitar a toda costa la reducción de estándares ambientales para proyectos de H2V en comparación con otros proyectos industriales y energéticos, como se ha propuesto en el proyecto de Ley de reforma al SEIA y las recientes indicaciones incorporadas por el Congreso, a

pesar de su clara contradicción con los principios preventivo, precautorio y de no regresión. Por el contrario, se deben implementar reformas que permitan una mejor identificación y prevención de los impactos sinérgicos y acumulativos de las actividades que componen la cadena de valor del H2V, ya que, como se ha señalado, es una de las principales amenazas que subyacen a esta industria, y que nuestra actual regulación ambiental no se encuentra preparada para gestionar.

Por otro lado, se requieren modificaciones regulatorias que faciliten la participación ciudadana y consulta indígena en este tipo de actividades, considerando la amplitud territorial de sus impactos, la complejidad de los proyectos y sus diversas partes, y la falta de conocimiento existente sobre las tecnologías a implementar, muchas de las cuales se están proponiendo por primera vez en nuestro país a escalas de mega-proyectos. Al respecto, se requieren innovaciones dirigidas hacia un acceso a la información oportuno y en lenguaje simple, así como enfocarse en procesos de participación más efectivos, y no solo más “temprano”. En ese sentido, la implementación oportuna y efectiva del Acuerdo de Escazú en nuestra regulación nacional debe posicionarse como una necesidad urgente para asegurar una transición energética justa.

Finalmente, se requiere pensar en estrategias innovadoras que permitan implementar oportunamente medidas para un ordenamiento territorial ecológico en las regiones priorizadas para el desarrollo de la industria. Si bien el Plan de Acción y otros instrumentos consideran el desarrollo de dispositivos de ordenamiento territorial, de llegar a entrar en vigencia, lo harán cuando la mayoría de los proyectos ya hayan ingresado a evaluación ambiental, anulando todo potencial efecto preventivo de esas herramientas. A ello se le suma el hecho de que el Plan de Acción, a pesar de contener una gran cantidad de medidas con dimensiones territoriales, no pasó por un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica, omitiendo un análisis integral territorial de dichas medidas por las autoridades

competentes. Frente a ello, es necesario pensar en innovaciones regulatorias que permitan la protección inmediata de aquellas zonas ya identificadas como más sensibles desde una perspectiva socioambiental.

Respecto a esto último, es posible pensar en los nuevos instrumentos de planificación energética como potenciales herramientas para dicho fin, así como también aprovechar los procesos de recategorización que lleva aparejada la implementación de la Ley SBAP. Los procesos de concesión de suelo fiscal y concesiones marítimas también deberán ser objeto de especial atención, asumiendo su protagonismo como herramientas para la compatibilidad territorial, sobre todo ante la ausencia de un ordenamiento territorial vinculante en los territorios afectados.

Todo lo anterior requiere, como primer paso, una repriorización importante de las dimensiones ambientales y territoriales en las agendas regulatorias de la transición energética del país, tanto por parte de la Administración del Estado, como por parte de los tomadores de decisión en el ámbito legislativo. De otro modo, no solo se arriesga que la industria del H2V continúe alejándose de un escenario de sustentabilidad y transición justa, sino que se pone en jaque la legitimidad social y ambiental de todo el proceso de transición energética del país. Con ello, se entorpece el cumplimiento de la “ventana de oportunidad” más importante que enfrenta nuestro país: la necesidad de prevenir efectiva y oportunamente los impactos del cambio climático en nuestras comunidades y ecosistemas.

Bibliografía

Cabaña, G. (2024). Modelo industrial del hidrógeno proyectado para Chile. Documento de posición de organizaciones ambientales de la sociedad civil. https://chilesustentable.net/wp-content/uploads/2024/10/hidrogeno-verde_2024.pdf

CAN (2023). The world needs a fair, fast, full and funded fossil fuel phase-out (position). Climate Action Network. <https://climatenetwork.org/wp-content/uploads/2024/08/CAN-position -a-fair-fast-full-and-funded-fossil-phase-out -November-2023.pdf>

División de Desarrollo Urbano (2022). DDU 470, Uso de suelo aplicable a edificaciones, instalaciones y redes asociadas a la generación de hidrógeno. 21 de noviembre de 2022. <https://www.doe.cl/alerta/28112022/202211283001>

Eterovic, D. (2023). Avances y desafíos en torno a la regulación del hidrógeno verde en Chile. Revista De Derecho Aplicado LLM UC, 10. <https://doi.org/10.7764/rda.10.49971>

European Investment Bank (2024). How the energy crisis sped up Europe's green transition. Invested in renewables: The only way forward. Ensayo, 15 de octubre de 2024. <https://www.eib.org/en/essays/europe-energy-transition-renewable>

IRENA (2023). World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5° Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf

IRENA (2022). Geopolitics of the energy transformation: The hydrogen factor. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation>

IPCC (2023). Summary for Policymakers. En: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

Ministerio de Energía (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde - chile.pdf

Ministerio de Energía (2024). Plan de Acción Hidrógeno Verde 2023-2030. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/plan_de_accion_hidrogeno_verde_2023-2030.pdf

Ministerio de Energía (2024). Plan de trabajo de regulaciones habilitantes para el desarrollo de la industria de hidrógeno en Chile 2024-2030. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento-pdt_h2.pdf

Nualart, J. y Gros, M. (2024). El rastro del hidrógeno: Una mirada global al desarrollo del hidrógeno y sus impactos en el Estado español y Chile. Observatori del Deute en la Globalització. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2024/04/Rastro-hidrogeno-cast.pdf>

ONU (2024). Boosting rapid transition to sustainable energy, top priority as UN marks first International Day of Clean Energy. Comunicado de prensa, 26 de enero de 2024. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2024/01/press-release-boosting-rapid-transition-to-sustainable-energy-top-priority-as-un-marks-first-international-day-of-clean-energy/>

Panel Ciudadano H2 Magallanes (2023). “Pedimos al gobierno moratoria para evaluar científica y participativamente escala y alcance de la industria H2V”. Carta pública, 21 de agosto de 2023. <https://panelciudadanoh2magallanes.blogspot.com/2023/11/carta-al-gobernador-regional.html>

Pérez, G. (2018). Análisis jurisprudencial del fraccionamiento de proyectos. Central Castilla y Línea 3 del Metro. Revista Justicia Ambiental, 10. <https://www.revistajusticiaambiental.cl/wp-content/uploads/2018/05/COMENTARIO-1-JUSTICIA-AMBIENTAL-N-9-251-273.pdf>

Pino, F. (2023). Aterrizando la transición: Regulación espacial del “hidrógeno verde” y su potencial como herramienta de transición justa. Tesis presentada para obtener el grado académico de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2022/05/TESIS-FPZ.pdf>

Sánchez, I. y Cabaña, G. (2022). Diálogos sobre el desarrollo del hidrógeno verde en Antofagasta y Magallanes, Chile. Heinrich Böll Stiftung. <https://cl.boell.org/sites/default/files/2023-06/dialogos-sobre-el-desarrollo-hidrogeno-verde-en-antofagasta-y-magallanes.pdf.pdf>

SEA (2024). Criterio de evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental. <https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/03/29/DT-Hidrogeno-Verde.pdf>

Toledo, C. (2024). Producción, consumo e impactos socioambientales del hidrógeno. Fundación Terram. <https://www.terram.cl/wp-content/uploads/2024/07/Produccion-Consumo-e-Impactos-Socioambientales-del-Hidrogeno-Fundacion-Terram.pdf>

Tunn, J., Kalt, T., Müller, F., Simon, J., Hennig, J., Ituen, I., & Glatzer, N. (2024). Green hydrogen transitions deepen socioecological risks and extractivist patterns: Evidence from 28 prospective exporting countries in the Global South. Energy Research & Social Science, 117. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103731>

Ueckerdt, F., Verpoort, P. C., Anantharaman, R., Bauer, C., Beck, F., Longden, T., & Roussanaly, S. (2024). On the cost competitiveness of blue and green hydrogen. Joule, 8(1), 104–128. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.12.004>

Wiertz, T., Kuhn, L., y Mattissek, A. (2023). A turno to geopolitics: Shifts in the German energy transition discourse in light of Russia's war against Ukraine. Energy Research and Social Science, 98. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103036>