

(Des)regulación territorial del “hidrógeno verde” en Chile: ¿Tema pendiente o condición habilitante?¹

Felipe Pino Zúñiga

Universidad de Chile

felipe.pino@derecho.uchile.cl

Recibido: 31.08.2024 | **Aceptado:** 07.11.2024

Resumen: El despliegue de una industria de “hidrógeno verde” (H2V) se ha consagrado como una prioridad para el Estado de Chile. Ello, no solo a propósito de su potencial para catalizar la transición energética nacional, sino que también por la oportunidad económica que implicaría la exportación de dicho combustible. Buscando potenciar las ventajas geográficas que tendría Chile por sobre otros potenciales ofertas, el Estado ha intencionado del establecimiento de “condiciones habilitantes” para acelerar y asegurar el despliegue de dicha industria. Ello se ha traducido en el establecimiento de metas nacionales a través de diversas políticas públicas, y el otorgamiento de beneficios económicos y administrativos para facilitar el desarrollo de los primeros proyectos. Sin embargo, existen muy pocas medidas orientadas a prevenir los impactos socioambientales asociados a este tipo de proyectos, particularmente aquellos impactos acumulativos y sinérgicos proyectados por la gran escala y concentración geográfica de los mismos. El objetivo del presente estudio fue identificar las herramientas regulatorias utilizadas para controlar la distribución espacial de los proyectos de H2V, y su rol en el despliegue de esta industria en Chile. Los resultados muestran una limitada disponibilidad de instrumentos orientados a dicho fin, destacando el potencial de los incipientes “instrumentos de planificación energética”.

¹ El presente artículo se trata de una reformulación de parte de los resultados de una investigación realizada por el autor, a propósito de su tesis para obtener el grado académico de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. A su vez, la tesis se encuentra asociada al proyecto FONDECYT de iniciación 11231233 “Tensiones y desafíos del derecho y la regulación ambiental en el contexto de la transición ecológica”. La tesis original se encuentra publicada y disponible en: <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2022/05/TESIS-FPZ.pdf>

Palabras clave: Hidrógeno verde; Transición energética; Territorio; Distribución espacial; Regulación.

Territorial (un)regulation of “green hydrogen” in Chile: Pending issue or enabling condition?

Abstract: The deployment of a “green hydrogen” (H2V) industry has become a priority for the State of Chile. This, not only because of its potential to catalyze the national energy transition, but also because of the economic opportunity that the export of such fuel would imply. Seeking to enhance the geographical advantages that Chile would have over other potential suppliers, the State has sought to establish “enabling conditions” to accelerate and ensure the deployment of this industry. This has translated into the establishment of national goals through various public policies, and the granting of economic and administrative benefits to facilitate the development of the first projects. However, there are very few measures aimed at preventing the socio-environmental impacts associated with this type of projects, particularly those cumulative and synergistic impacts projected by the large scale and geographic concentration of these projects. The objective of this study was to identify the regulatory tools used to control the spatial distribution of H2V projects, and their role in the deployment of this industry in Chile. The results show a limited availability of instruments oriented to this end, highlighting the potential of the incipient “energy planning instruments”.

Keywords: Green hydrogen; Energy transition; Territory; Spatial distribution; Regulation

A (des)regulamentação territorial do “hidrogênio verde” no Chile: questão pendente ou condição favorável?

Resumo: A implantação de uma indústria de “hidrogênio verde” (H2V) foi consagrada como uma prioridade para o Estado chileno. Isso se deve não apenas ao seu potencial para catalisar a transição energética nacional, mas também à oportunidade econômica que a exportação

desse combustível implicaria. Em uma tentativa de aumentar as vantagens geográficas do Chile em relação a outros possíveis fornecedores, o Estado procurou estabelecer “condições favoráveis” para acelerar e garantir a implantação desse setor. Isso se traduziu no estabelecimento de metas nacionais por meio de várias políticas públicas e na concessão de benefícios econômicos e administrativos para facilitar o desenvolvimento dos primeiros projetos. No entanto, há muito poucas medidas destinadas a evitar os impactos socioambientais associados a esse tipo de projeto, especialmente os impactos cumulativos e sinérgicos projetados pela grande escala e concentração geográfica desses projetos. O objetivo deste estudo foi identificar as ferramentas regulatórias usadas para controlar a distribuição espacial dos projetos de H2V e seu papel na implantação desse setor no Chile. Os resultados mostram uma disponibilidade limitada de instrumentos orientados para esse fim, destacando o potencial dos incipientes “instrumentos de planejamento energético”.

Palavras-chave: Hidrogênio verde; Transição energética; Território; Distribuição espacial; Regulamentação.

Como citar este artigo:

Pino, F. (2024). (Des)regulación territorial del “hidrógeno verde” en Chile: ¿Tema pendiente o condición habilitante?. *Polis (Santiago)*, 23(68), 115-153. <https://doi.org/10.32735/S0718-6568/2024-N68-3718>

Introducción

La agudización de la triple crisis planetaria que navegamos como sociedad (CMNUCC, 2022), y la profundización que esta produce en otras crisis pre-existentes (sociales, políticas, económicas, etc.) ha empujado a los diversos actores a proponer reformulaciones al funcionamiento de ciertos sistemas sociales. Ello, tanto para mitigar el nivel de impacto proyectado a personas y ecosistemas que habitan nuestro planeta, como para asegurar el funcionamiento de los sistemas que sostienen la vida moderna. Así, aquellos procesos de cambio significativo de sistemas sociales para adaptar su funcionamiento a los nuevos ecológicos provocados por la actividad antrópica, son usualmente nombrados en la literatura como procesos de “transición ecológica” (Escobar, 2015;

Rotondo, 2022) o “transiciones de sustentabilidad” (Markard et al., 2012; Köhler et al., 2019). Dentro de ese conjunto, destaca particularmente el caso de la “transición energética” (Smil, 2010) como un caso paradigmático de transición ecológica, y como una de las principales estrategias de gestión para mitigar los efectos de la crisis climática.

A pesar de que el proceso de transición ecológica del sistema socio-técnico que es la energía se trata de un fenómeno exhaustivamente estudiado desde hace décadas (Smil, 2017; Basosi, 2020, Hafner and Tagliapietra, 2020), existe relativo consenso de que nos encontramos en un nuevo momento del debate público a su respecto, asociado a la aceleración y escalamiento de este proceso de transición, aunque aún con diversos escenarios posibles (De La Peña et al., 2022). Así, luego de varios fracasos en el cumplimiento de las metas de mitigación acordadas por los Estados parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Rosen, 2015), factores como el abaratamiento de las tecnologías de energía renovable (Roser, 2020) y la reestructuración de las cadenas de suministro energético producto de eventos geopolíticos (como la guerra ruso-ucraniana) (Zuk, 2022), han permitido un aumento significativo en el desarrollo de capacidad instalada de energías renovables en varios países del mundo (WEF, 2024). A pesar de ello, el régimen energético dominante a nivel global sigue siendo aquel basado en combustibles fósiles, y todavía se identifican importantes desafíos técnicos, políticos y económicos a superar para lograr la consolidación de las energías renovables como el régimen del sistema socio-técnico energético.

En ese contexto, el “hidrógeno verde” o “hidrógeno renovable” (en adelante, H2V) ha sido posicionado por ciertos actores como una alternativa para la superación de varios problemas persistentes a los cuales se ha enfrentado históricamente la transición energética (Negro et al., 2012), tales como la necesidad de almacenamiento (a propósito de la inestabilidad del suministro); uso en sectores o actividades no electrificables; y dificultad para su transporte intercontinental (Pino, 2024). Por ello,

el H2V es considerado por ciertos actores como "la pieza faltante del puzle"² para concretar la transición energética hacia energías renovables (Parpulova, 2022). Dicha narrativa ha sido fortalecida y amplificada por instituciones multilaterales del sector energético y económico, incluyendo agencias como la IEA, IRENA, el Banco Mundial, y el Banco Interamericano de Desarrollo, quienes, proyectando un aumento en la demanda global de H2V, han promovido su desarrollo en países del sur global como estrategia para diversificar sus economías y catalizar su crecimiento económico³.

A pesar de lo anterior, cada vez son más los actores que han puesto en entredicho el potencial del H2V como estrategia para catalizar la transición ecológica del sector energético. Así, se cuestionan en primer lugar los impactos socioambientales que proyecta el despliegue de la cadena de valor en los territorios en donde se concentra su infraestructura, debido al considerable consumo de agua que implica el uso de dicha tecnología, así como los impactos asociados a la concentración de proyectos de energía renovable de gran escala en zonas específicas (ODG, 2024). Dichos impactos se verían, además, potenciados por un despliegue particularmente acelerado de la industria, como producto de una limitada "ventana de oportunidad" por parte de los países interesados en consagrarse como exportadores de dicho combustible (Lema y Rabbelloti, 2023), desincentivando el fortalecimiento de la institucionalidad y gobernanza ambiental y territorial para asegurar una adecuada prevención de los potenciales impactos. Adicionalmente, desde una perspectiva de ecología política, se ha criticado la distribución de cargas y beneficios ambientales que implicaría la exportación de H2V entre países del norte y sur global, abriendo un debate sobre dinámicas de "colonialismo verde" (Tunn et al., 2024). En ese sentido, se identifica una creciente preocupación por los problemas de justicia espacial que implica el despliegue de esta tecnología,

²Ver: <https://hydrogencouncil.com/en/>

³ Ver: <https://www.caf.com/es/blog/el-desarrollo-de-la-industria-del-hidrogeno-verde-en-america-latina/>

considerando una tendencia hacia la concentración de diversos proyectos intensivos en uso de suelo en territorios con buen potencial renovable (Bampaou y Panopoulos, 2025).

En el marco de esta verdadera “carrera por el hidrógeno verde”⁴, el caso chileno destaca como uno paradigmático para analizar tanto las tensiones que proyecta el despliegue de esta industria, así como las medidas y estrategias implementadas por los gobiernos para prevenir y mitigar los conflictos emergentes. En esa línea, el presente estudio pretende identificar los principales instrumentos regulatorios disponibles para controlar la distribución espacial de los proyectos de H2V en Chile, y analizar su potencial para prevenir o mitigar conflictos de justicia ambiental y espacial. Ello, bajo la comprensión del H2V tanto como una propuesta de innovación tecnológica para acelerar la transición energética de Chile, a la vez que un nuevo sector que aspira a potenciar un proceso de “industrialización verde” en el país, pero que ignora la dimensión socio-técnica de todo sistema energético. En ese marco, la investigación se concentra en analizar las medidas regulatorias y de política pública que permitan al Estado controlar las dimensiones sociales involucradas en el uso de esta tecnología, particularmente la distribución de las cargas espaciales asociadas a la infraestructura que compone la cadena de valor del H2V en Chile.

Chile: El campeón renovable sin condiciones

El caso de Chile es un caso de estudio paradigmático de transición energética por diversas razones. Por una parte, se trata de un país con una matriz todavía dependiente de la importación y quema de carbón, pero con un potencial renovable que ha ido ganando terreno exponencialmente. Siendo un actor mundialmente reconocido por su envidiable “factor de planta” de energía eólica y fotovoltaica (WEC Alemania, 2018), el Estado chileno comprometió ambiciosos compromisos de “descarbonización” a propósito de su rol como

⁴ Ver: <https://generadoras.cl/prensa/la-carrera-por-el-hidrogeno-verde-en-chile-y-el-mundo-los-esfuerzos-para-producir-el-combustible-del-futuro>

presidencia de la COP 25, y como respuesta a una creciente movilización social de las comunidades de las denominadas “zonas de sacrificio” (Von Auer, 2020). Así, tal como el Acuerdo de París marcó un punto de inflexión hacia un nuevo momento de la transición energética global, domésticamente ello ocurrió con la publicación del acuerdo público-privado que comprometió el cierre de las termoeléctricas a carbón al año 2040, y la consagración de la meta vinculante de carbono-neutralidad al 2050 en la Ley Marco de Cambio Climático. Hasta ese momento el desarrollo de H2V no era una condición para el logro de esas metas, aunque podía hallarse en algunos documentos como alternativa para la descarbonización de ciertos sectores industriales (Benhke et al., 2020).

Sin embargo, el posicionamiento de Chile como país con el potencial para ser un actor relevante del incipiente mercado del H2V, empujado por actores gravitantes de la gobernanza energética global como el World Energy Council de Alemania (2018) y la Agencia Internacional de Energía (2019), devino en la publicación a finales de 2020 de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, y desde ahí, en una serie de políticas públicas y acciones de la Administración del Estado para generar las “condiciones habilitantes” para el despliegue oportuno de la industria en el país. Dicho concepto, utilizado ampliamente por el sector público y privado involucrado en la materia, no cuenta con una definición específica, y se utiliza para referirse de manera general a las acciones que debe tomar el Estado para permitir que desarrolladores puedan llevar a cabo proyectos de H2V con niveles suficientes de competitividad, incluyendo aspectos de financiamiento, regulatorios, de gobernanza, entre otros. Así, por ejemplo, sin ofrecer una definición, López y Naranjo (2022) enumeran como ejemplos de “iniciativas que permiten la generación de condiciones necesarias para el desarrollo de los proyectos” una convocatoria de cofinanciamiento para empresas nacionales y extranjeras impulsada por CORFO, la creación de un fondo de 1.000 millones de dólares con aportes del BID, BM, GIZ y la Unión Europea, y el impulso de un proceso para la asignación directa de terrenos fiscales para el emplazamiento de proyectos.

En ese sentido, y en consideración de lo establecido en las recientes políticas públicas asociadas a la transición energética del país, es

posible afirmar que el despliegue acelerado de la industria del H2V se ha vuelto una prioridad para el Estado de Chile, por su eventual potencial para descarbonizar ciertos sectores industriales y para diversificar y catalizar la economía nacional mediante su exportación. A su vez, la estrategia de los últimos gobiernos para operacionalizar dicha priorización se ha reducido a la generación de "condiciones habilitantes" para el desarrollo de proyectos privados y principalmente de inversión extranjera. Dichas condiciones habilitantes aparecen, entonces, como una categoría contrapuesta a lo que podríamos llamar a las "condiciones inherentes" con las que cuenta el país, y que implicarían una ventaja comparativa por sobre otros países interesados en consolidarse como generadores y exportadores de H2V. Así, las condiciones habilitantes serían aquellas no existentes que requieren necesariamente de la agencia del Estado para su concreción, y que usualmente se asocian a medidas de financiamiento o de cambio regulatorio. Las condiciones inherentes, por su parte, son preexistentes y se asocian principalmente a factores geográficos, como el factor de planta, la accesibilidad a agua o borde costero, y la posibilidad de exportar por el océano Pacífico y el Atlántico. A su vez, las condiciones inherentes son esenciales pero insuficientes por sí solas, y requieren del desarrollo de condiciones habilitantes para su aprovechamiento oportuno y efectivo.

Sin embargo, como se ha adelantado a lo largo de esta sección, la presente investigación se construye bajo la premisa de que existe una subestimación de las condiciones habilitantes para el desarrollo de una industria del H2V en Chile, producto de una comprensión por parte del Estado de la transición energética chilena como un proceso de recambio tecnológico, y no como un proceso de transición ecológica de un sistema-sociotécnico. Ello se manifiesta en el hecho de que las estrategias para la generación de condiciones habilitantes se concentren principalmente en establecer los criterios mínimos económicos y técnicos para el desarrollo de proyectos, desatendiendo los aspectos ambientales y sociales que involucra el despliegue de la infraestructura de H2V en los territorios priorizados. A su vez, la desatención a esos aspectos territoriales ha generado una percepción de incertidumbre y proyección de injusticia por las comunidades que habitan dichas

regiones (Cabaña y Sánchez, 2023), llegando a anticipar la generación de nuevas “zonas de sacrificio” (CODEFF, 2022). Dichas tensiones sociales, devienen en una falta de legitimidad de las políticas y proyectos, que afecta inevitablemente las condiciones habilitantes de la industria en el país.

Bajo el reconocimiento de que el desarrollo de políticas y la modificación de la regulación son una de las principales estrategias para la generación de condiciones habilitantes, la presente investigación se concentra en su análisis, reconociendo el potencial de estas para abordar las tensiones que genera el despliegue acelerado y concentrado de la industria en territorios específicos. En ese sentido la presente investigación parte de la base de que una de las principales estrategias del gobierno para habilitar el despliegue de la industria ha sido el desarrollo de política pública y regulación, y que, a su vez, en dichos esfuerzos existe una aparente subrepresentación de medidas para prevenir impactos socioambientales o para distribuir equitativamente las cargas espaciales, a pesar de la preponderancia de estos elementos en el debate público sobre la legitimidad y factibilidad del modelo propuesto para el desarrollo de la industria (Ladera Sur, 2024). Por lo mismo, se propone analizar específicamente la regulación disponible para el ejercicio de dicho control, y contrastarlo con su uso efectivo por parte de la Administración. De esta forma, se espera poder esclarecer no solo la posibilidad que tiene el gobierno para hacerse cargo de dichas tensiones territoriales, sino que también el rol de la regulación territorial en la agenda para generar las condiciones habilitantes para la industria del H2V en Chile.

Metodología

Como se adelantó en la sección anterior, el objetivo de la presente investigación es la identificación y análisis de las estrategias y herramientas regulatorias para controlar la distribución espacial de los proyectos de H2V en Chile, en miras a esclarecer su rol en la búsqueda de condiciones habilitantes para el despliegue de la industria en el país. Para el logro de dicho objetivo, se realizó una

investigación cualitativa, de lógica deductiva y alcance descriptivo, toda vez que se construye a través de una revisión documental de lo que llamaremos "instrumentos regulatorios", seguida de un análisis de datos cualitativos que permitiese no solo identificar aquellos que proponen criterios o condiciones espaciales, sino que también la categorización de los mismos según ciertos elementos relevantes para comprender su rol en la regulación de la actividad a analizar.

En cuanto a la categoría de análisis denominada "instrumento regulatorio", entendiendo que este se trata de un conjunto difuso, para efectos de esta investigación este fue definido como toda aquella decisión del Estado (mediante cualquiera de sus organismos competentes), para la promoción o control de una actividad de interés público, consagrada en uno o más documentos emanados por una autoridad, tales como tratados internacionales, leyes, decretos, reglamentos y otros actos administrativos. Dicha definición, de elaboración propia, fue construida a partir de las definiciones de *regulation* analizadas por Baldwin et al. (2012), pero optando por una delimitación más amplia que la utilizada en la literatura sobre regulación, en donde usualmente se excluye la normativa generada por el poder legislativo (Levi-Faur, 2010), a pesar de que estos condicionan significativamente la existencia y funcionamiento de los instrumentos regulatorios de la Administración del Estado. Asimismo, se incluyó la revisión de "políticas, planes y programas" (incluyendo en dicha categoría los instrumentos denominados como "agendas" y "estrategias"), por la agencia que estas pueden llegar a tener en la creación o actualización de instrumentos regulatorios. Adicionalmente, tratándose de una industria cuya regulación se encuentra en un momento temprano de su desarrollo, se estimó como necesario incluir en el análisis no solo la normativa vigente, sino también los proyectos de Ley y reglamentos en tramitación. Así, la definición de las categorías de instrumento regulatorio utilizadas se encuentran descritas en la siguiente tabla:

Tabla 1
Definiciones de categorías de instrumentos regulatorios

Nombre	Descripción	Sigla
Tratado internacional	Instrumentos dictados por organismos públicos multilaterales, que han sido suscritos por nuestro país ⁴ .	TI
Ley	Normas de obligatoriedad general dictadas por el poder legislativo, o bien por el poder ejecutivo a través de las facultades legislativas que se reserva.	LEY
Reglamentos	Actos administrativos de aplicación general, emitidos por una o más autoridades sectoriales a través de decretos supremos, orientados a regular la correcta implementación de una Ley.	REG
Instrumentos de gestión	Actos administrativos dictados por autoridades con competencias específicas, orientadas a gestionar el funcionamiento de actividades complejas de interés público, incluyendo generalmente actos permisivos, constitutivos, o declarativos de derechos ⁵ .	IG
Políticas, planes y programas	Instrumentos dictados por un Ministerio (o alguno de sus órganos dependientes) que establecen un conjunto coherentes de principios, criterios o medidas indicativas para orientar la acción pública o privada en un asunto de interés público.	PPP
Proyectos de Ley	Propuestas legislativas ingresadas a trámite ante el Congreso nacional, en cualquiera de sus cámaras y por cualquier tipo de iniciativa.	PaL
Reglamentos en trámite	Proyectos de reglamento ingresados para su aprobación por la Contraloría general de la república. Se consideran también aquellos presentados y posteriormente retirados, así como aquellos que cuenten con un borrador para su aprobación por otra instancia previa a Contraloría (ej.: Consejo de ministros para la sustentabilidad y el cambio climático).	REG (TRA)
Anteproyectos de instrumentos de gestión	Propuestas de instrumentos de gestión dispuestos para su consulta pública o tramitación a través de algún procedimiento de público conocimiento (ej.: Evaluación ambiental estratégica).	IG (ANT)

Fuente: Elaboración propia (Pino, 2024).

Sobre esta base, se realizó por una revisión sistemática de los actos públicos, documentos institucionales, publicaciones académicas y reportes de entidades privados que se refirieran al proceso de transición energética en Chile, o al desarrollo de H2V en el país, con el fin de identificar el conjunto de “regulación aplicable al desarrollo de H2V en Chile”, es decir, entendida para estos efectos

como todo instrumento regulatorio que pretenda influir en la producción de H2V dentro del país, incluyendo tanto su promoción como su control⁵.

Dicha muestra fue complementada a través de una revisión directa de regulación sobre transición energética en Chile a través de la plataforma digital "Ley Chile" de la Biblioteca del Congreso Nacional, y de la revisión de fuentes secundarias que contuviesen sistematizaciones o registros de dicho régimen regulatorio. Adicionalmente, el listado identificado fue complementado a través de solicitudes de acceso a la información pública, en el marco de la Ley de Transparencia, ingresadas ante los Ministerios de Energía; Medio Ambiente; Economía; Hacienda y; Relaciones Exteriores, a los cuales se les solicitó la remisión de toda la normativa, regulación y políticas aplicables a la industria del H2V en Chile.

El conjunto de instrumentos regulatorios identificados fueron sistematizados en una matriz considerando el uso de categorías iniciales para su clasificación (nombre, resolución asociada, organismo responsable, año de publicación, tipo de instrumento y régimen regulatorio). Del conjunto total se priorizó un total de 50 instrumentos para su análisis exhaustivo, a partir de dos criterios: la referencia explícita al H2V y/o su consideración en alguna de las agendas regulatorias sobre H2V. Posteriormente, sobre el conjunto priorizado de instrumentos regulatorios del H2V en Chile, se llevó a cabo un análisis de datos cualitativos a través de fichas de análisis dedicadas a identificar la presencia de criterios o condiciones espaciales en cada documento, para luego proceder a su análisis,

⁵ Al respecto, cabe destacar que, para efectos de esta investigación, el alcance del concepto "producción" es restrictivo, priorizando las actividades de generación de hidrógeno propiamente tal, sin perjuicio de que las actividades de almacenamiento, transporte y uso final también pueden ser consideradas dentro de la producción de H2V, y asimismo pueden estar reguladas total o parcialmente en los instrumentos que regulan la producción. Sin perjuicio de aquello, para efectos de aclarar los límites de la muestra, se utiliza la idea de producción como equivalente exclusivamente a la generación, la cual incluye usualmente las actividades de desalinización de agua, generación de energía renovable y electrólisis.

comparación y re-sistematización a través de un proceso de codificación cualitativa simple.

El proceso de codificación, a su vez, se dividió en dos etapas. En primer lugar, se buscó la presencia en el texto de conceptos vinculados a escalas espaciales o elementos del territorio, a saber: geografía, ordenamiento, territorio/territorial; planificación; región/regional; comuna/comunal; ciudad; suelo; urbano; rural; global; nacional y; local. Lo anterior, con el fin de identificar la presencia, repetición y contextualización de su uso. La segunda etapa de análisis consistió en una revisión documental de los instrumentos priorizados, orientada por la información recopilada en la primera etapa, con el fin de identificar las disposiciones específicas establecieran criterios o condiciones para la distribución espacial de la infraestructura del H2V, o bien de sus cargas y beneficios en el territorio. En ese sentido, se consideraron, por ejemplo, aquellas disposiciones referidas a la escala de los proyectos, así como a la distribución geográfica de los mismos.

Finalmente, una vez identificadas los instrumentos y sus disposiciones que establecen criterios o condiciones para la distribución espacial de la industria, se realizó un análisis cualitativo sobre la aplicación de las mismas a proyectos específicos, distinguiendo si su aplicación es de carácter general o específica, así como si su aplicación requiere de una acción adicional por parte de la autoridad, más allá de su promulgación. Dicho análisis fue complementado con una revisión de actos públicos y artículos de prensa que pudiesen cuenta de la aplicación del instrumento en casos específicos.

Resultados

Luego de los primeros esfuerzos de búsqueda y revisión de instrumentos regulatorios aplicables a la industria del H2V en Chile, se identifican un total de 160 instrumentos potencialmente aplicables. La distribución de dichos instrumentos, según las categorías expuestas en la sección metodológica, dio como resultado: 8 tratados internacionales; 18 leyes; 25 reglamentos; 9

instrumentos de gestión; 28 políticas, planes y programas; y 47 instrumentos clasificados en una categoría residual de "otros". A su vez, respecto a los instrumentos no vigentes, se identificó una distribución en 9 proyectos de Ley; 5 reglamentos en trámite y; 11 anteproyectos de instrumentos de gestión.

Luego, como producto del proceso de codificación simple, los instrumentos regulatorios identificados, tanto aquellos vigentes como en trámite, fueron agrupados en categorías que llamaremos "regímenes regulatorios", distinguidos según la materia o asunto que regulan, así como la autoridad a cargo del diseño e implementación de la regulación. Así, se consideraron para efectos de la clasificación, la distribución en 5 regímenes regulatorios: energético (44 instrumentos, incluyendo dos sub-regímenes: combustible y eléctrico); ambiental (57 instrumentos, incluyendo dos sub-regímenes: de cambio climático y de sustentabilidad); industrial (14 instrumentos); económico (17 instrumentos) y; territorial (26 instrumentos).

Por temas de extensión, resulta imposible ahondar en los elementos específicos de cada uno de estos regímenes, sin embargo, es menester destacar el hecho de que en cada régimen es posible identificar cierta tendencia o preferencia por un tipo de instrumento regulatorio (o, en otras palabras, de diferentes tipos de "estrategias regulatorias"). Así, si bien todos los regímenes consideran una base legislativa y reglamentaria, no todos los regímenes tienen igual presencia de tratados internacionales o instrumentos de gestión. En la misma línea, los tipos de autoridades a cargo del ejercicio regulatorio suele variar de régimen en régimen. Así, mientras que en algunos regímenes como el ambiental y energético las superintendencias tienen un rol preponderante, el régimen territorial destaca por el rol de los gobiernos locales en el diseño e implementación de sus instrumentos regulatorios.

De los 160 instrumentos regulatorios, se priorizaron 50 instrumentos que hacían mayor nivel de referencia, directa o indirectamente, al desarrollo del H2V en el territorio nacional para un análisis

exhaustivo de su contenido. A continuación, se detallan los instrumentos identificados, distinguiendo su respectivo régimen regulatorio.

Tabla 2.
Instrumentos regulatorios del H2V en Chile priorizados.

RÉGIMEN REGULATORIO ENERGÉTICO		
Ley general de servicios eléctricos	DFL. 4/20.018 (2006)	LEY
Reglamento de la Ley general de servicios eléctricos	DS 327/1997	LEY
Decreto Ley que crea el Ministerio de energía y la Comisión nacional de energía	DL 2.224/1978	LEY
PdL que modifica la Ley general de servicios eléctricos en materia de transición energética que posiciona la transmisión eléctrica como un sector habilitante	Boletín 16.078-08	PDL
Reglamento de Planificación energética de largo plazo (PELP)	DS 134/2016 MEN;	REG
Política energética nacional 2050	DS 10/2022 MEN	IG
Planificación energética de largo plazo (PELP) 2023-2027	No aplica.	IG (ANT)
Polo de desarrollo de generación eléctrica provincia de Antofagasta	OF 801/2023 MEN	IG (ANT)
Polo de desarrollo de generación eléctrica provincia de Tocopilla	OF 670/2023 MEN	IG (ANT)
Plan estratégico de energía en la región de Magallanes	RE 173/2023 MEN	IG (ANT)
Estrategia nacional de hidrógeno verde	RE 11/2022	PPP
Agenda de energía 2022-2026	(MEN, 2022)	PPP
Agenda inicial para un segundo tiempo de la transición energética	(MEN, 2023)	PPP
Plan de acción nacional de hidrógeno verde	(MEN, 2023)	PPP
Guía de apoyo para solicitud de autorización de proyectos especiales de hidrógeno	(SEC, 2023)	OTRO
Proyecto piloto de descarbonización y producción de combustibles carbono neutral (Instalación de producción, acondicionamiento, almacenamiento y uso de hidrógeno verde)	RE 15821/2023 SEC (MEN)	OTRO

REGIMEN REGULATORIO AMBIENTAL		
Ley de bases generales del medio ambiente	Ley 19.300 (1994)	LEY
Ley marco de cambio climático	Ley 21.455 (2022)	LEY
Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)	DS 40/2013 MMA	REG
Reglamento que establece procedimientos asociados a los instrumentos de gestión del cambio climático	DS 16/2023 MMA	REG
Modificación al DS 40/2012 MMA, que establece el reglamento del Sistema de evaluación de impacto ambiental	DS 30/2023 MMA	REG
Anteproyecto de Reglamento para la Evaluación ambiental estratégica (EAE)	RE 1.056/2023	REG (ANT)
Estrategia climática de largo plazo (ECLP)	(MMA, 2021)	PPP
Contribución nacionalmente determinada (NDC) de Chile	Acuerdo 5/2020 CMSCC	OTRO
Criterio de evaluación en el SEIA: Efecto sombra intermitente en parques eólicos	RE 202299101744/2022 MMA	OTRO
Criterio de evaluación en el SEIA: Introducción a proyectos de hidrógeno verde	RE N°202299101738/2022 MMA	OTRO
Criterio de evaluación en el SEIA: Descripción integrada de proyectos para la generación de hidrógeno verde en el SEIA	RE 202399101276/2023 MMA	OTRO
Guía para la descripción de proyectos de plantas desalinizadoras en el SEIA	RE 202399101278/2023 MMA	OTRO
REGIMEN REGULATORIO INDUSTRIAL		
PdL sobre el uso de agua de mar para desalinización	Boletín 11608-09	PDL
Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas	DS 43/2015 MINSAL	REG
Proyecto de reglamento de seguridad de instalaciones de hidrógeno	No aplica.	REG (ANT)
Guía sobre lineamientos técnicos mínimos para la evaluación ambiental de proyectos industriales de desalación en jurisdicción de la autoridad marítima	DIRECTEMAR (2022)	OTRO
REGIMEN REGULATORIO ECONÓMICO		
Acuerdo marco avanzado entre Chile y la Unión Europea	No aplica.	TI
Reglamento Comité de desarrollo de la industria del hidrógeno verde	RE 60/2022 MINECON	REG
Crea Comité de ministros y ministras para el desarrollo productivo sostenible y fija su funcionamiento interno	DS 104/2023 MINECON	REG
Agenda de medidas de impulso al Plan de acción de hidrógeno verde	(Ministerio de Hacienda, 2023)	PPP
Programa transforma regional: Hidrógeno verde Magallanes	No aplica.	OTRO
Programa desarrollo productivo sustentable	No aplica.	OTRO

REGIMEN REGULATORIO TERRITORIAL		
Ley general de urbanismo y construcciones (LGUC)	DFL 458/1976 MINVU	LEY
PdL para administración del borde costero y concesiones marítimas	Boletín 8467-12	PDL
Ordenanza general de urbanismo y construcciones (OGUC)	DS 47/1992 MINVU	REG
Reglamento sobre concesiones marítimas	DS 9/2018 Ministerio de defensa	REG
Proyecto de reglamento de Planes regionales de ordenamiento territorial (PROT)	No aplica.	REG (ANT)
Estrategia regional de desarrollo de Magallanes (2022-2030)	(GORE Magallanes, 2023)	IG
Macro zonificación del borde costero en Magallanes y la Antártica Chilena	No aplica.	IG (ANT)
Actualización Estrategia regional de desarrollo Antofagasta	No aplica.	IG (ANT)
Actualización Plan regulador intercomunal del borde costero de la región de Antofagasta (PRIBCA)	No aplica.	IG (ANT)
DDU 450 (Aplicación del artículo 2.1.29 de la OGUC cuando se trata de aerogeneradores y centrales eólicas de generación de energía).	Circular ord. 0454/2020 MINVU	OTRO
DDU 470 (Uso de suelo aplicable a edificaciones, instalaciones y redes asociadas a la generación de hidrógeno).	Circular ord. 0504/2020 MINVU	OTRO
Plan nacional de fomento a la producción de hidrógeno verde en territorio fiscal	RE 997/2022 MBN	OTRO

Fuente: Elaboración propia (Pino, 2024).

Analizado el contenido y alcance de cada uno de los instrumentos expuestos, a través del ejercicio de codificación cualitativa se han identifican 5 categorías de instrumentos, dentro de las cuales se encuentran los principales criterios y condiciones regulatorios para la distribución espacial de la industria del H2V en el país. A continuación, se abordarán los instrumentos regulatorios contenidas en cada una de ellas, los criterios y condiciones espaciales que estos mandatan, y una breve reflexión sobre su aplicación y eventual rol como condición habilitante.

1. Instrumentos de planificación energética

Es posible afirmar que la regulación del H2V en Chile comenzó con la inclusión del hidrógeno como vector energético, y, por tanto, como una materia a regular por el Ministerio de Energía (en adelante, MEN). Previo a ello, el hidrógeno se encontraba tan solo regulado en su dimensión como gas explosivo en un decreto del

Ministerio de Salud (Eterovic, 2020). Así, no fue hasta que la Ley de Almacenamiento Energético (Ley 21.505) modificó el Decreto Ley que crea el Ministerio de Energía (DL 2.224/1978 Ministerio de Minería), que el hidrógeno fue reconocido como "energético".

A pesar de su temprana inclusión en el régimen energético, las primeras modificaciones no hicieron alusión a las dimensiones espaciales que subyacen a su generación, principalmente porque lo que se regula es el hidrógeno "a secas", es decir, el combustible, más allá de la metodología usada para su creación⁶. Sin embargo, como veremos, los criterios y condiciones espaciales que contiene el régimen regulatorio energético respecto del H2V son, ante todo, regulación para la distribución espacial de los proyectos solares y eólicos, como principales fuentes de alimentación energética para los proyectos de hidrógeno.

Al respecto, destacan inmediatamente los criterios que la Ley General de Servicios Eléctricos (en adelante, LGSE) establece para el procedimiento de "Planificación Energética de Largo Plazo" (en adelante, PELP), de los que se deberán establecer lo que llamaremos "Instrumentos de Planificación Energética". Dentro de dicho conjunto, el instrumento rector, y principal resultado de la PELP son los "Polos de Desarrollo de Generación Energética" (en adelante, PDGE). Estos son definidos en el artículo 85 de la LGSE como:

"(...) aquellas zonas territorialmente identificables en el país, ubicadas en las regiones en las que se emplaza el Sistema Eléctrico Nacional, donde existen recursos para la producción de energía eléctrica proveniente de energías renovables, cuyo aprovechamiento, utilizando un único sistema de transmisión, resulta de interés público por ser eficiente económicamente para el suministro eléctrico, debiendo cumplir con la legislación ambiental y de ordenamiento territorial. (...)".

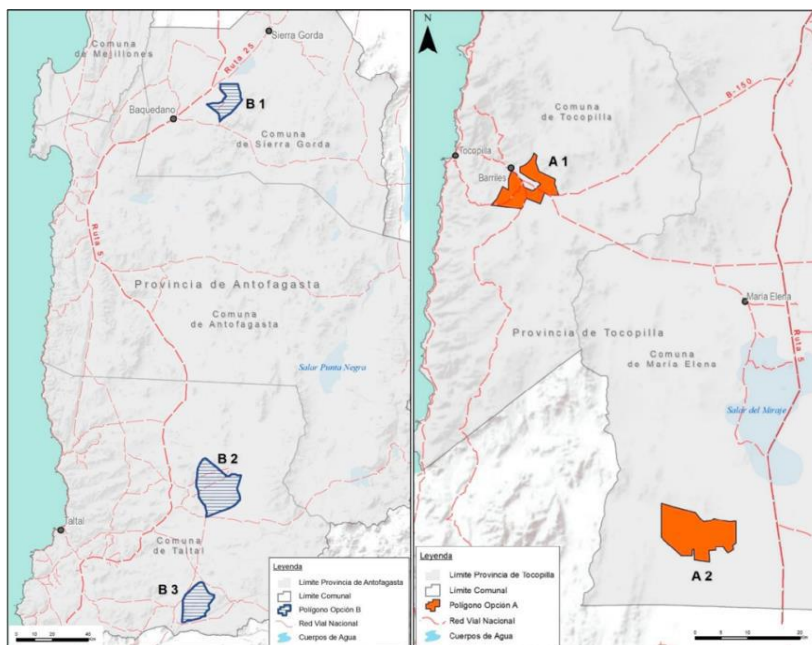
⁶ Al respecto, cabe recordar que el "color" del hidrógeno es determinado según la energía utilizada para su creación, y que es el H2V el que, a cambio de generar una menor cantidad de CO2 a la atmósfera, requiere de una gran extensión de uso de suelo para el funcionamiento de su cadena de valor, especialmente a partir de la intensidad de uso de suelo que tienen los proyectos de energía renovable de gran escala.

Si bien de dicha definición se identifican claramente las dimensiones territoriales que están implicadas en su determinación y funcionamiento, el mismo artículo mandata como parte del procedimiento de creación de un PDGE su paso por un procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica, un procedimiento reservado usualmente para planes y políticas de ordenamiento territorial. En ese sentido, los PDGE podrían ser catalogados como un primer instrumento de carácter mixto energético-territorial de nuestro sistema regulatorio.

Sin embargo, dicho instrumento no es la única expresión de esta innovación regulatoria hacia instrumentos mixtos. Recientemente, el MEN ha dado comienzo a el diseño de un nuevo tipo de instrumento de planificación energética llamado "Planes Estratégicos de Energía en Regiones" (en adelante, PEER). La existencia de este instrumento, claramente complementario a los PDGE, tiene que ver principalmente con una importante limitación geográfica de estos últimos: solo aplican en regiones incorporadas en el Sistema Eléctrico Nacional. En ese sentido, los PEER, además de poder hacerse cargo de aquellos asuntos energéticos residuales que los PDGE no abordan, se han posicionado como la principal solución para la urgente planificación energética de regiones estratégicas desconectadas del Sistema Eléctrico Nacional, como la región de Magallanes y la Antártica Chilena⁷.

⁷ De hecho, el Pdl que modificaría la LGSE en materia de transición energética (Boletín 16.078-08), de llegar a aprobarse, no solo reestructuraría los instrumentos de planificación energética actuales, sino que permitiría el uso de los PDGE en todo el territorio nacional. En ese sentido, los PEER parecen ser una solución "sucedánea" ante la dificultad de concretar dicha modificación legal.

Figura 1. Ejemplos de opciones de desarrollo energético establecidos en PDGE.



Fuente: Informes técnicos de PDGE de las provincias de Antofagasta y Tocopilla (2023).

Adicionalmente a los criterios asociados a los PDGE como instrumento cúlmine del proceso de PELP, es posible identificar otros criterios significativos para el desarrollo adecuado de dicho proceso en cuestión. Así, el artículo 87 de la LGSE reconoce la necesidad de considerar la información sobre “criterios y variables ambientales y territoriales” en el proceso de planificación de la transmisión. En ese sentido, resulta interesante que parte importante de los criterios y condiciones territoriales se encuentren reguladas primeramente para la distribución de las líneas de transmisión, toda vez que previo a los proyectos de energía renovable, este tipo de infraestructura energética era la más intensa en uso de suelo.

De hecho, todo indica que la estructura regulatoria del sistema de transmisión sigue siendo la principal herramienta para la

distribución espacial de la infraestructura energética (renovable y no renovable), desde una perspectiva de promover incentivos de eficiencia energética y económica a los titulares de proyectos de generación eléctrica. Esta perspectiva se ve reflejada incluso en la PELP, toda vez que los PDGE, si bien tienen como finalidad ordenar la distribución espacial de la generación energética nacional, no lo hacen a través de un proceso de zonificación vinculante, sino que a través del establecimiento de infraestructura de transmisión que incentiven la localización de los proyectos de generación en ciertas zonas específicas.

Ahora bien, la consideración de “criterios y variables ambientales y territoriales” que ordena la LGSE se manifiesta en lo que, en el marco de la PELP, se refiere como un proceso de “sensibilización territorial” (PELP 2023-2027), la cual implica la consideración de:

- Variable ambiental: [Aquel] elemento del medio ambiente en sus distintas dimensiones, natural o artificial, que está sujeto a cambios probables o frecuentes, derivados de las actividades y/o proyectos de generación de energía susceptibles a generar efectos en la condición de base.
- Variable territorial: Aquella que ha sido establecida en un instrumento de ordenamiento, planificación o gestión territorial y que incida o condicione el emplazamiento de la generación de energía.

A su vez, cuando dichas variables “inciden en el desarrollo de la generación de energía, valorándolas de acuerdo con un criterio jurídico-normativo (...) y a un criterio de desarrollo del proyecto”, la PELP las reconoce como “objetos de valoración territorial”. De esta forma, la metodología utilizada por para la sensibilización territorial como parte del desarrollo de la PELP (y que repercutirá, en definitiva, en la delimitación de los PDGE) es la exclusión, o sensibilización (desincentivo) de estos objetos de valoración territorial en la modelación del potencial renovable de la región.

Así, los instrumentos y disposiciones expuestos en el presente apartado tienen por objetivo influir significativamente en la distribución de la infraestructura de la energía renovable del país. Si lo logran, ello influirá significativamente en el desarrollo de la infraestructura interdependiente de la cadena de valor del H2V. Sin embargo, dado que se trata de innovaciones regulatorias recientes, todavía no existe suficiente información sobre su eficiencia para afectar el comportamiento de los desarrolladores de proyectos. En cualquier caso, tanto los PDGE como los PEER parecen estar reconocidos como elementos relevantes para el establecimiento de condiciones habilitantes, aunque principalmente por su capacidad para dar certeza jurídica y económica a inversionistas y desarrolladores, más que por su potencial para anticipar impactos socioambientales o distribuir más equitativamente las cargas espaciales.

2. Políticas programáticas de hidrógeno verde

A pesar de ser indicativas, las principales políticas publicadas por el MEN para orientar el desarrollo de la industria de H2V, a saber, la "Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde" (en adelante, ENH2V) y el "Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030" (en adelante, PAH2V), se han posicionado como instrumentos que, sin ser propiamente "regulación", proponen criterios y condiciones para el desarrollo de instrumentos regulatorios. A su vez, como veremos, muchos de esos criterios y condiciones contienen dimensiones espaciales, como resultado inevitable de la delimitación de una industria tan dependiente de una localización y escala específica para su funcionamiento.

Así, la ENH2V, como primer documento institucional que estableció ciertas directrices sobre el modelo seleccionado para el despliegue de la industria, hizo quizás las primeras declaraciones públicas respecto a la distribución de su infraestructura en el territorio nacional. Así, la Estrategia sería el primer documento en hacer referencia a las regiones de Antofagasta y Magallanes como posibles polos de desarrollo, afirmando que "el hidrógeno verde producido en el Desierto de Atacama y en la Región de

Magallanes tendría el costo nivelado de producción más bajo del mundo al 2030".

Sin embargo, quizás más interesante que la delimitación de dichos potenciales polos de desarrollo (los cuales son, sin duda alguna, las regiones en donde se ha proyectado el mayor despliegue de proyectos de H2V), es la proyección territorial de la demanda de H2V, la cual da luces de la distribución de los beneficios de dicha actividad. Así, la Estrategia destaca las oportunidades de exportación de hidrógeno y amoníaco "verde" a Europa, China, Japón/Corea, EEUU y, en menor medida, LATAM. En ese sentido, considera como parte esencial de la estrategia una exportación marítima intercontinental. Ello, en términos espaciales, permite por primera vez tener una noción de la distancia geográfica entre las principales cargas y beneficios ambientales que tendrá el desarrollo de la actividad.

Por último, la ENH2V finaliza enumerando una serie de "pilares", entre los cuales destacan el "uso equilibrado de recursos y territorio", en referencia a la necesidad de velar por la seguridad de las personas y medio ambiente, así como el respeto los instrumentos de planificación territorial, para lograr una "transición energética y económica justa y equilibrada". A través de ello, la ENH2V reconoce implícitamente que el desarrollo de la actividad podría conllevar a tensiones territoriales por el uso intensivo de recursos y suelo.

Si bien el establecimiento de estos criterios fue sumamente significativo para la delimitación del modelo promovido por el gobierno para el despliegue de la industria, no cabe duda de que la política más influyente para el desarrollo de instrumentos regulatorios es el recientemente publicado PAH2V⁸.

⁸ Dicho documento contiene múltiples criterios y condiciones espaciales para el desarrollo del H2V en el país, muchos más de los abordables en la presente publicación. Por lo mismo, la presente investigación hace énfasis en aquellas dimensiones espaciales que buscan influir más directamente en el desarrollo de instrumentos regulatorios para la habilitación o despliegue de la industria.

En primer lugar, se destaca el establecimiento de un “criterio de sustentabilidad” referido a la “inserción equilibrada de la industria, compatible con las condiciones y dinámicas del territorio, atendiendo la diversidad geográfica, cultural ambiental y económica del país”. En particular, destaca una de las “bajadas” o implicancias de dicho criterio, en la que se señala expresamente un “ordenamiento territorial y planificación energética oportuna del despliegue de la industria, respetando las sensibilidades e intereses de sus habitantes, abordando de manera integral los componentes de la cadena de valor del hidrógeno y sus derivados, el equilibrio y sinergia con otras actividades y usos, y el sistema de asentamientos humanos”.

Luego, en la sección de “líneas de acción” considerada por el PAH2V destaca como una medida territorial significativa la acción N°11 de “asignar terrenos fiscales para la industria de hidrógeno verde y derivados”. Si bien este tipo de estrategia se abordará *infra*, cabe destacar que el Estado de Chile, considerando la disponibilidad de uso de suelo como una de los principales factores habilitantes para la industria, ha posicionado el otorgamiento de terrenos fiscales como una estrategia importante para catalizar el desarrollo de la industria. Así, esta acción se complementa estrechamente con la acción N°42 de “licitar terrenos fiscales para el desarrollo de infraestructura de la cadena de valor de la industria del hidrógeno verde y sus derivados”.

Ahora bien, quizás las acciones de mayor relevancia en términos espaciales se encuentran alojadas en la línea de acción N°8 denominada “compatibilidad e inserción territorial para proyectos”. Así, por ejemplo, destaca la acción N°35 de “actualizar normativa relativa a compatibilidad territorial con incidencia en la industria de hidrógeno verde en Chile”. Si bien también nos referiremos a estos instrumentos *infra*, resulta interesante el hecho de que un instrumento indicativo, como es la PAH2V, proponga explícitamente entre sus acciones a promover la modificación de regulación con el fin de “proveer de mayores certezas” sobre el uso de suelo a los titulares de proyectos de H2V,

antes que para asegurar la compatibilidad de dicha actividad con otras actividades preexistentes en los territorios.

En la misma línea, la acción N°36 propone “incorporar el hidrógeno verde y sus derivados, así como los componentes de su cadena de valor, en las materias a considerar en instrumentos de planificación y ordenamiento territorial existentes o en elaboración”. Al respecto, dicha acción también considera la modificación de instrumentos regulatorios, tanto aquellos en desarrollo como vigentes, destacando un interés por los aún pendientes Planes Regionales de Ordenamiento Territorial, y una priorización para el desarrollo de instrumentos de ordenamiento territorial en aquellas zonas denominadas “zonas de transición energética”, haciendo aparente referencia a las zonas priorizadas para el desarrollo de H2V y sus derivados.

Por otro lado, la acción N°37 de “desarrollar instrumentos de planificación energética con enfoque territorial focalizados en regiones con proyección de albergar proyectos de producción y/o consumo de hidrógeno verde y sus derivados”, se propone, precisamente, el desarrollo de los instrumentos de planificación energética señalados en el apartado anterior. En ese sentido, resulta relevante para estos efectos la declaración por parte del gobierno de priorizar la elaboración de dichos instrumentos de carácter mixto (energético-territorial) en aquellos territorios priorizados para el desarrollo del H2V.

Vale la pena mencionar la acción N°40 de “planificar el desarrollo de infraestructura habilitante para la industria del hidrógeno verde y sus derivados”, considerando que el desarrollo de infraestructura logística sea esta común o particular, ha sido uno de los desafíos importantes de la agenda pública para el despliegue del H2V. Al respecto, se señala el desarrollo de un nuevo instrumento que podríamos denominar como mixto, llamado “Planes Maestro Logísticos”, pensados para todas las regiones del país, pero priorizando aquellos referidos a las regiones de Antofagasta y Magallanes, con el objetivo de reconocer o crear infraestructura compartida, el cual deberá considerar la caracterización territorial

de los diferentes usos y restricciones sobre el territorio, aunque solo aquellas reconocidas en instrumentos vigentes de ordenamiento territorial.

Por último, resulta interesante la línea de acción N°10 denominada "reto demográfico de la transición energética", la cual, reconociendo las implicancias del desarrollo de la industria en los asentamientos humanos, se propone como acción N°43 la "elaboración de instrumentos de planificación territorial que aborden el desarrollo de asentamientos humanos asociados a la nueva industria", principalmente desde una perspectiva de habilitar servicios urbanos e integración social, priorizando el uso de Planes Reguladores Intercomunales como principal instrumento regulatorio para estos efectos.

En definitiva, la implementación de estas políticas, y el potencial de sus disposiciones de carácter territorial, dependerá de la priorización y agencia del Estado para la ejecución de estas, la que estará a su vez más o menos limitada dependiendo de los otros actores involucrados en la implementación de la medida (ej: las Municipalidades o Gobiernos Regionales en el desarrollo de instrumentos de planificación territorial). En cualquier caso, se reconoce que el rol de estos instrumentos como condición habilitante parece haber evolucionado de una función meramente narrativa, al establecimiento de "hojas de ruta" más prácticas, que permitan hacer un seguimiento más transparente e integral del conjunto de medidas dispuestas para el despliegue de la industria.

3. Instrumentos de gestión ambiental

Si bien los instrumentos de gestión ambiental son una categoría más bien laxa, en nuestro régimen regulatorio ambiental la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) regula un conjunto limitado de este tipo de instrumentos, los cuales son comprendidos transversalmente como los más importantes instrumentos de gestión ambiental de nuestra institucionalidad ambiental. Respecto de dicho conjunto, los instrumentos con mayor nivel de incidencia en la

distribución espacial del H2V son el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).

Respecto del SEIA, la LBGMA establece un listado taxativo de tipologías de ingreso al sistema. Así, dependiendo de las características y ubicación de la cadena de valor que tenga cada proyecto de H2V en particular, deberá ingresar por una o más tipologías. En ese sentido, es importante señalar que algunas tipologías tienen lo que podríamos denominar como una “dimensión espacial”, en particular, aquellas asociadas a la existencia de áreas bajo protección oficial, zonas latentes o saturadas, y la presencia de humedales. Asimismo, algunas de los “efectos, circunstancias o características” que determinarán si un proyecto debe ingresar mediante un Estudio de Impacto Ambiental, también podrán tener, en menor medida, ciertas dimensiones espaciales (por ejemplo, la localización en o próxima a poblaciones, recursos o áreas protegidas; o bien el reasentamiento de comunidades humanas).

Por otro lado, al ser el SEIA un procedimiento “de ventanilla única”, parte de los asuntos que el titular debe acreditar en el marco de la evaluación es la coherencia de los proyectos con el ordenamiento territorial, tanto vinculante como indicativo. Ante ello, el Gobierno Regional y Municipalidad respectiva, así como la autoridad marítima competente deberán emitir un informe fundado sobre la compatibilidad territorial del proyecto. Si bien dicho análisis no es particularmente riguroso, ni suele tener efectos significativos en el devenir de los proyectos, el gobierno ha intentado dotar de mayor eficacia dicho análisis, proponiendo la inclusión de artículos en la LBGMA que permitan la calificación desfavorable de proyectos o actividades que sean incompatibles con los instrumentos de carácter obligatorio y vigentes⁹.

Complementariamente, es posible identificar dos conceptos vinculados con la evaluación de proyectos en el SEIA que, si bien

⁹ Ver: Acuerdo 36/2023 del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y Cambio Climático. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/12/Acuerdo36ProyectoLeyModificacion19300.pdf>

no tienen una dimensión espacial tan evidente, han estado muy presentes en el debate público sobre el despliegue del H2V: (1) la evaluación de "impactos sinérgicos" y; (2) la hipótesis de "fraccionamiento" de proyectos. Mientras que la primera pretende identificar y mitigar los impactos adicionales generados por la proximidad de actividades, el fraccionamiento pretende asegurar la evaluación íntegra de actividades próximas e interdependientes entre sí. Ambos conceptos cobran particular relevancia para la evaluación de la industria del H2V, sobre todo por la ya señalada concentración de los proyectos en zonas determinadas, sumado a las amplias cadenas de valor (y eventual infraestructura compartida) que consideran este tipo de actividades.

Respecto a la EAE, esta funciona como la instancia de "sensibilización ambiental" de los instrumentos de ordenamiento territorial y otras políticas con dimensiones territoriales (incluyendo, recientemente, los instrumentos de planificación energética). En ese sentido, es posible identificar una creciente diversidad de instrumentos que ingresan a EAE, en donde cada vez más políticas públicas son analizadas desde este instrumento, como una estrategia para dotarlas de "legitimidad ambiental" de las mismas. Sin perjuicio de aquello, resulta evidente que el Estado de Chile ha optado por el uso de la EAE para la legitimación ambiental-territorial del H2V ha sido el análisis de los instrumentos de planificación energética, y no así de las políticas programáticas de H2V, ninguna de las cuales se ha sometido a dicho procedimiento.

Finalmente, dentro del régimen regulatorio ambiental se identifica una creciente publicación de guías y otros documentos indicativos, orientados para mejorar el uso de instrumentos vinculantes como el SEIA y la EAE. En esa línea, destacan los "Criterios de Evaluación en el SEIA", dentro de los cuales se identifican algunos de los documentos con referencias más directas hacia el H2V por parte de la institucionalidad ambiental, a saber, la "Introducción a proyectos de H2V" y la "Descripción integrada de proyectos de generación de H2V en el SEIA". Mientras que el primer documento pretende aclarar la

composición clásica de la cadena de valor de los proyectos de H2V, la segunda procura promover la identificación de impactos sinérgicos y evitar el fraccionamiento de los proyectos que ingresen a evaluación.

Así, si bien el régimen ambiental considera instrumentos regulatorios con potencial importante para mitigar cargas territoriales, estos tienen una limitada capacidad para gestionar la distribución espacial de los proyectos, los cuales ya consideran una ubicación al momento de ingresar al SEIA. Por otro lado, si bien la capacidad de identificar y prevenir impactos sinérgicos sería un aporte significativo en términos territoriales, la regulación de la materia es todavía muy débil, y su tipología suele no ser aplicable para proyectos de H2V (la mayoría de los cuales ingresa al SEIA a través de uno o más Estudios de Impacto Ambiental). A pesar de la importancia de avanzar en dicha brecha, la mejora de los mecanismos para prevenir impactos sinérgicos no suele ser considerado como una condición habilitante.

4. Uso de suelo y ordenamiento territorial regional

La Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), como instrumento encargado de dar las bases para la organización y definición de uso de suelo en zonas rurales (donde se emplazará la gran mayoría de proyectos de generación de H2V), es evidentemente un instrumento que establece criterios y condiciones al despliegue de toda actividad industrial en el territorio nacional.

Al respecto, uno de sus mandatos más incidentes en el H2V es la regla general establecida en su afamado artículo 55, el cual señala que las construcciones industriales y de infraestructura fuera de los límites urbanos requerirán de la aprobación de la DOM, así como los informes favorables de la SEREMI MINVU y SAG que correspondan. A partir de dicha norma se deduce que la infraestructura energética (incluidas, como veremos, las plantas hidrógeno), requerirán de la autorización de cambio de uso de suelo para su emplazamiento en sectores rurales.

Por otro lado, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) define los seis tipos de suelo que reconoce nuestra regulación, subsumiendo, por cierto, la infraestructura energética en el tipo denominado "infraestructura". Por lo demás, la OGUC indica en su artículo 2.1.29 que, como regla general, en áreas rurales las instalaciones de infraestructura estarán siempre admitidas, fijando así, en principio un estándar de compatibilidad casi irrestricto para las actividades de H2V en el territorio nacional.

Sin embargo, dicha interpretación ha sido objeto de debate para efectos de su aplicación en proyectos de H2V, por lo cual la Superintendencia de Energía elevó una solicitud a la División de Desarrollo Urbano (en su calidad de organismo competente para interpretar la regulación urbanística), para que este aclarase el tipo de suelo al que corresponderían los proyectos de hidrógeno. La decisión, consagrada en la DDU 470, establece que "los proyectos que tengan por finalidad la generación de hidrógeno, independiente del proceso que se utilice para obtener ese energético, corresponden al tipo de uso infraestructura energética". Complementariamente, señala que para aquellos proyectos que contemplen la transformación de hidrógeno a productos no regulados por el sector energía, corresponderá el uso "actividades productivas".

Otra circular relevante para efectos de la industria del H2V es la DDU 450, la cual aclara que los aerogeneradores corresponden a infraestructura y no edificaciones; junto con afirmar la compatibilidad de dicha actividad con otras de baja intensidad como agricultura o ganadería. Al respecto, cabe destacar que, si bien este tipo de circulares se trata de actos que resuelven asuntos sumamente específicos, la naturaleza del régimen regulatorio territorial hace que su efecto sea considerablemente influyente en el desarrollo de la industria, particularmente en lo que respecta a la distribución de la industria en el marco de las zonificaciones existentes o futuras.

Se realza, asimismo, el impacto de los instrumentos de ordenamiento territorial a escala regional, la cual contrasta con la baja disponibilidad de estos instrumentos en nuestro ordenamiento. La LGUC regula los instrumentos de planificación territorial vinculantes, entre los cuales solo

el Plan Regulador Intercomunal y el Plan Regulador Metropolitano se identifican como instrumentos que pueden regular los usos de suelo en sectores rurales, ante la vacancia legal de los PROT, que llevan años a la espera de la aprobación del reglamento que habilite su elaboración. Sin perjuicio de aquello, se prevé una inidoneidad de los planes intercomunales para la regulación de estas actividades, toda vez que estos están pensados para el ordenamiento del espacio y conexión entre conurbaciones, y no para la regulación de zonas rurales propiamente tal. Asimismo, se identifica un riesgo de que su preferencia pueda limitar el efecto y potencial de los PROT cuando estos entren en vigor.

De forma complementaria, y a pesar de no tratarse de un instrumento vinculante, se reconoce una creciente importancia de la Zonificación de Uso de Borde Costero como un instrumento que podrá establecer criterios y condiciones relevantes para partes clave en la cadena de valor del H2V, como lo es la desalinización de agua y la eventual actividad logística-portuaria para la exportación de dicho combustible.

Cabe destacar que los instrumentos de ordenamiento territorial son junto con los instrumentos de planificación energética más explícitamente reconocidos como parte de la agenda de condiciones habilitantes. Sin embargo, su implementación suele ser considerada para etapas tardías, producto de la reconocida demora en su diseño y publicación. En ese sentido, los impactos de su eventual implementación se ven sumamente limitados, y, es posible proyectar, servirán como estrategia para legitimar proyectos ya aprobados, más que como herramienta para controlar su distribución en el territorio.

5. Concesiones a título oneroso

Finalmente, y tal como hemos visto a lo largo del presente artículo, en un contexto de limitados instrumentos para el ordenamiento efectivo del territorio, particularmente en lo que refiere al área rural, las concesiones otorgadas por el Ministerio de Bienes Nacionales se han convertido, en la práctica, en una de las

medidas más determinantes para el despliegue territorial del H2V en el país (Pino, 2024). A su vez, las concesiones marítimas también han comenzado a consolidarse como un instrumento determinante para el desarrollo de infraestructura necesaria para el desarrollo de la industria.

En este contexto resulta paradigmático el caso del “Plan nacional de fomento a la producción de hidrógeno verde en territorio fiscal”, también conocido como programa “Ventana al Futuro”, para entender los efectos de esta herramienta, así como la relativa flexibilidad que admite su uso. Esta política del Ministerio de Bienes Nacionales, diseñada e implementada en estrecha coordinación con el MEN y CORFO, consistió en la “apertura de una ventana única de tiempo para que particulares interesados (...) puedan ingresar solicitudes de asignación directa de concesiones de uso oneroso sobre terrenos fiscales para la generación de energía y su consecuente producción de H2V”. Así, en su primer ciclo, el programa habilitó la tramitación “en tiempo record” de un total de 16 terrenos, 12 de ellos ubicados en la región de Antofagasta y 4 en la región de Magallanes.

Esta política, de carácter completamente *sui generis*, es una de las manifestaciones más concretas sobre el hecho de que el espacio (manifestado aquí como la “disponibilidad de suelo”) es uno de los elementos “a habilitar” para la industria. Por otro lado, es expresión del nivel de agencia que puede llegar a tener el Estado en su control de forma prácticamente directa, sin mediar otros instrumentos de otros regímenes, posicionándose como una oportunidad interesante para las decisiones de planificación más urgentes, incluyendo la exclusión de áreas reconocidas públicamente como sensibles (ambiental y/o socialmente), en el intertanto se generan instrumentos definitivos de ordenamiento territorial. Lo anterior, reconociendo las restricciones que tiene la zona austral del país, en donde la mayoría de los terrenos aptos para el H2V serían de carácter privado.

Sin embargo, el programa también ha sido objeto de fuertes críticas por diversos actores, acusándolo de omitir el uso de criterios de compatibilidad territorial para la selección y tramitación de las concesiones, con una excesiva deferencia a las preferencias de los

titulares. A pesar de dichas críticas, como se señaló *supra*, el gobierno ha propuesto como una acción del PAH2V un nuevo ciclo del programa Ventana al Futuro, con mínimos cambios en su estructura. Lo anterior, considerando que la mayor disponibilidad de terrenos fiscales para el desarrollo de la industria se encuentra en la macrozona norte, ya que en Magallanes los titulares deben enfrentarse la compra o arriendo de suelo privado, cuya propiedad, por lo demás, se encuentra concentrada en pocos actores.

De esta forma, solo resta destacar la significativa eficacia que puede tener esta herramienta para una distribución equitativa de la industria en el espacio, si su uso considera el establecimiento previo de una sensibilización y consecuente priorización territorial, basada en información íntegra y actualizada de los territorios a considerar. A pesar de ello, los ejemplos recientes sobre el uso de esta estrategia han sido utilizados como herramientas para catalizar el desarrollo de la industria (es decir, como factor habilitante económico), antes que para el ordenamiento equitativo de la industria en el territorio.

Conclusiones

A partir de lo expuesto en el presente artículo, queda de manifiesto que las dimensiones espaciales del H2V son un asunto que ha ido gradualmente tomando parte del debate público sobre el despliegue la industria en el país. Lo anterior, como producto de los cada vez más notorios impactos territoriales que proyecta el uso de esta tecnología para la generación y exportación a gran escala de hidrógeno y sus derivados. Así, la amplitud de la cadena de valor del H2V, la intensidad de uso de suelo de las actividades que la componen, y su tendencia a concentrarse en territorios que cumplen con ciertos atributos geográficos (alto factor de planta, disponibilidad de agua, acceso a borde costero, entre otros), han puesto la atención no solo en los eventuales impactos ambientales, sino que también a la distribución inequitativa de cargas espaciales, y los impactos que estas generan en los derechos de las personas que habitan en los territorios priorizados para el desarrollo de la industria.

A su vez, la desatención de los impactos territoriales que proyecta el despliegue de la industria del H2V en Chile, genera cada vez más tensiones entre las comunidades locales, autoridades e inversionistas. Dicha desatención se expresa, principalmente, en la limitada cantidad de medidas Estatales para prevenir la distribución desproporcionada de cargas y beneficios espaciales provocados por la industria, en contraste con las medidas orientadas para promover el desarrollo de los primeros proyectos. Dicha la sub-representación pareciera tener relación con una desconexión entre la agenda para el desarrollo de "condiciones habilitantes", y la compatibilidad y legitimidad territorial de los proyectos, como si ello no fuese un elemento determinante para el despliegue oportuno y efectivo de dichas actividades.

La presente investigación, tiene por objetivo contribuir a esclarecer las razones detrás de la contradicción que supone la falta de medidas Estatales para controlar la distribución espacial de una industria con tal nivel de impacto territorial. Así, a través de la identificación de si existen instrumentos regulatorios con potencial para ejercer dicho control, se cuestiona si es que el problema es por una falta de eficacia de los instrumentos disponibles, o si se trata de una omisión a sabiendas, en miras a evitar el establecimiento de condiciones adicionales que podrían poner el cumplimiento de la supuesta ventana de oportunidad que hemos referido en el presente trabajo. En otras palabras, se busca identificar si es que el actual escenario de desregulación territorial sería, en alguna medida, una condición habilitante para el modelo propuesto para el despliegue de esta industria, en los tiempos y formas que se ha propuesto el Estado chileno.

Si bien los resultados de la presente investigación permiten identificar la existencia de diversos instrumentos regulatorios con el potencial de controlar, en alguna medida, la distribución espacial de la industria bajo ciertos criterios (ej.: sustentabilidad, eficiencia, etc.), y que dichos instrumentos han sido, en general, escasamente aplicados para orientar la distribución espacial de la industria, no es posible afirmar que dicha subestimación se deba a una omisión deliberada. Lo cierto es que la efectividad de los instrumentos

disponibles sigue siendo sumamente limitada, ya sea por una ineludible falta de oportunidad en su aplicación, como el caso de los instrumentos de ordenamiento territorial; o por problemas regulatorios que impiden el aprovechamiento de su potencial para estos fines, como la falta de regulación sobre impactos sinérgicos. En ese sentido, se identifica un problema de doble capa: una todavía limitada variedad de instrumentos disponibles, junto con una limitada efectividad de dichos instrumentos para el control territorial del H2V.

Sin perjuicio de lo anterior, la presente investigación permite identificar tres oportunidades importantes en materia de regulación territorial del H2V. En primer lugar, las ineludibles dimensiones espaciales del H2V han obligado a que la regulación de la transición energética tome un "giro espacial", refiriéndose cada vez más directamente a las relaciones entre la infraestructura energética y su compatibilidad con otras actividades del territorio. En esa misma línea, los incipientes instrumentos de planificación energética aparecen como una oportunidad para lograr avances de mediano plazo, ante una tardía (y casi desesperanzadora) proyección de los instrumentos tradicionales de ordenamiento territorial como eventuales herramientas para orientar la distribución de la industria en el país. Y finalmente, la existencia de innovaciones regulatorias como el caso de las concesiones onerosas por otorgación directa, permiten constatar que el Estado puede tomar medidas urgentes para la protección de ciertos intereses o bienes jurídicos. En ese sentido, resulta necesario la toma de medidas de ese tipo para proteger zonas especialmente sensibles, en el intertanto los instrumentos más definitivos se encuentran en sus etapas de diseño o implementación.

Por último, pareciera ser que un aspecto decisivo para avanzar hacia la prevención y mitigación efectiva de los impactos territoriales proyectados por el eventual despliegue de la industria del H2V, tiene que ver con la necesidad de considerar la justicia ambiental y espacial como una condición habilitante para esta industria, igual de prioritaria que el financiamiento y habilitación

técnica de los proyectos. Lo anterior, bajo el entendido de que las resistencias y potenciales conflictos generados por la desatención de los impactos territoriales, arriesga vaciar de legitimidad social no solo la tecnología del H2V, sino que la transición energética del país en general. En ese sentido, la inclusión de las dimensiones de justicia y equidad en el debate público del H2V y la transición energética del país deberá manifestarse en estrategias regulatorias concretas, si es que pretende ir más allá de aportar certeza a los desarrolladores e inversionistas, y proteger la legitimidad social como condición habilitante para el desarrollo del H2V en Chile.

Referencias bibliográficas

- Agencia Internacional de Energía (IEA) (2019). The Future of Hydrogen, International Energy Agency, Paris [En línea] Disponible en: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- Baldwin, R., Cave, M. and Lodge, M. (2012). Understanding regulation: Theory, strategy and practice. Oxford University Press.
- Bampaou, M., y Panopoulos, K.D. (2025). An overview of hydrogen valleys: Current status, challenges and their role in increased renewable energy penetration. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 207.
- Basosi, D. (2020). *Lost in transition. The world's energy past, present and future at the 1981 United Nations Conference on New and Renewable Sources of Energy*. Journal of Energy History, nº4. [En línea] Disponible en: <https://energyhistory.eu/en/special-issue/lost-transition-worlds-energy-past-present-and-future-1981-united-nations-conference>
- Benkhe, P. et al. (2020). Chilean NDC Mitigation Proposal: Methodological Approach and Supporting Ambition. Mitigation and Energy Working Group Report. Santiago: COP25 Scientific Committee; Ministry of Science, Technology, Knowledge and Innovation.
- Cabaña, G. y Aedo, M. (2021). *Hidrógeno...¿Verde?*. Columna de opinión, CIPER, publicada con fecha 22 de noviembre de

2021. [En línea] Disponible en: <https://www.ciperchile.cl/2021/11/22/hidrogeno-verde/>
- CODEFF (2022). Carta abierta a Gabriel Boric Font, Presidente de la República de Chile, sobre el desarrollo de hidrógeno verde en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. [en línea] Disponible en: <https://codeff.cl/hidrogeno-verde-en-magallanes-carta-abierta-al-presidente-de-la-republica-de-chile/>
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2022). What is the Triple Planetary Crisis? [en línea] Disponible en: <https://unfccc.int/news/what-is-the-triple-planetary-crisis>
- Escobar, A. (2015). *Decrecimiento, post-desarrollo y transiciones: una conversación preliminar*. INTER DISCIPLINA, 3(7). [En línea] Disponible en: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/inter/article/view/52392>
- De La Peña, L., Guo, R., Cao, X., y Zhang, W. (2022) Accelerating the energy transition to achieve carbon neutrality. *Resources, Conservation and Recycling*, 177.
- Eterovic, D. (2022). Avances y desafíos en torno a la regulación del hidrógeno verde en Chile. *Revista de derecho aplicado LLM UC*, N°10. [En línea] Disponible en: <https://ojs.uc.cl/index.php/RDA/article/view/49971>
- Hafner, M. and Tagliapietra, S. (2020). The global energy transition: A review of the existing literature. On: The geopolitics of the global energy transition. *Lecture notes in energy*, Springer open.
- Köhler et al. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Elsevier, Vol. 31. [En línea] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210422418303332>
- Ladera Sur (2023). "Panel Ciudadano sobre Hidrógeno en Magallanes solicita aplazar instalación de la industria de Hidrógeno Verde". Publicado con fecha 23 de agosto de 2023. [En línea] Disponible en: <https://laderasur.com/articulo/panel-ciudadano-sobre-hidrogeno-en-magallanes-solicita-aplazar-instalacion-de-la-industria-de-hidrogeno-verde/>
- Lema, R. y Rabelloti, R. (2023). Green Windows of opportunity in the Global South. UNU-MERIT. UNU-MERIT Working papers N°2.

- Levi-Faur, D. (2010). *Regulation and Regulatory Governance*. Working Paper N° 1, February 2010. [En línea] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/254908793_Regulation_Regulatory_Governance
- Markard, J., Raven, R. y Bernhard, T. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects, *Research Policy*, Elsevier, Vol. 41 (6). [En línea] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331200056X>
- Negro, S., Alkemade, F., y Hekkert, M. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6).
- Observatori de la Deuda en la Globalización (ODG) (2024). El rastro del hidrógeno.
- Parpulova, N. (2022). Green Hydrogen: The missing piece in the european energy mix. *Godishnik na UNSS, University of National and World Economy*, 2.
- Pino, F. (2024). *Aterrizando la transición: Regulación espacial del "hidrógeno verde" en Chile, y su potencial como herramienta de transición justa*. (Tesis de magíster). Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. [En línea] Disponible en: <https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2022/05/TESIS-FPZ.pdf>
- Pino, F. (2024). *Contradicciones del "hidrógeno verde" como catalizador de una transición energética justa*, en: Realidades de la transición energética en América Latina y el Caribe. Friedrich Ebert Stiftung. [En línea] Disponible en: <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/21396.pdf>
- Rosen, A. (2015). The Wrong Solution at the Right Time: The Failure of the Kyoto Protocol on Climate Change. *Politics & Policy*, 43(1)
- Roser, M. (2020). *Why did renewables become so cheap so fast?* Our World in Data. [En línea] Disponible en: <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>
- Rotondo et al. (2022). *Ecological transition and sustainable development: integrated statistical indicators to support public policies*. Scientific Reports, Nature, 12. [En línea] Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-23085-0>

- Sánchez, I. y Cabaña, G. (2023). *Diálogos sobre el desarrollo del hidrógeno verde en Antofagasta y Magallanes, Chile*. Heinrich Böll Stiftung, Chile. [En línea] Disponible en: <https://cl.boell.org/sites/default/files/2023-06/dialogos-sobre-el-desarrollo-hidrogeno-verde-en-antofagasta-y-magallanes.pdf.pdf>
- López, F. y Naranjo, J. (2023). Hidrógeno verde y condiciones necesarias para el desarrollo de la industria. Escenarios Actuales, año 28, noviembre N°3, Centro de Estudios e Investigaciones Militares.
- Smil, V. (2010). *Energy Transitions*. Greenwood.
- Smil, V. (2017). *Energy and Civilization: A History*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tunn, J., Kalt, T., Müller, F., Simon, J., Hennig, J., Ituen, I., y 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.
- Ugalde, M. (2023) *La transición energética en Chile en tiempos de crisis* (Tesis de magíster). Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador. [En línea] Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9815/1/T4304-MEPAD-Ugalde-La%20transicion.pdf>
- Weltenergierat Destuchland (WEC Alemania) (2018). *International aspectos of a Power-to-X Roadmap*. [En línea] Disponible en: https://www.weltenergierat.de/wp-content/uploads/2018/10/20181018_WEC_Germany_PTXroadmap_Full-study-englisch.pdf
- World Economic Forum (2024). Energy Transition Index.
- Von Auer, M. (2020) Factores que influyeron en el diseño del plan de descarbonización en Chile. Tesis para optar al grado de Licenciada en Ciencia Política. Universidad Diego Portales.
- Zuk, P. (2022). National energy security or acceleration of transition? Energy policy after the war in Ukraine. *Joule*, 6(4).



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.