



asuntos
públicos
— .cl



Centro de estudios del desarrollo

f /CentrodeEstudiosdelDesarrollo

@ced.cl

@ced_cl

Novedades

01/07/2024

Política Sectorial
Acuerdos Internacionales y la Industria de Hidrógeno Verde en Chile: Interacciones, Oportunidades y Desafíos de Sustentabilidad (Parte 1)

24/06/2024

Política
Contexto electoral en Latinoamérica 2023-2024: Nuevas tecnologías y transparencia en los procesos electorales

10/06/2024

Política
"La nueva tierra prometida": apuntes para una definición estratégica de futuro del humanismo cristiano - (Parte 1)

05/06/2024

Política
El repliegue táctico de los partidos políticos: Razones y efectos de una estrategia de campaña

02/04/2024

Política
Análisis de estándares internacionales del Derecho a una educación no sexista

Acerca de

Este informe ha sido revisado por el Consejo Editorial de Asuntos Públicos. El contenido no representa necesariamente la opinión del Centro de Estudios del Desarrollo, CED.

©2024 asuntospublicos.cl. Todos los derechos reservados.

Se autoriza la reproducción, total o parcial, de lo publicado en este informe con sólo indicar la fuente.

Informe N°1466

Política Sectorial

01/07/2024

Acuerdos Internacionales y la Industria de Hidrógeno Verde en Chile: Interacciones, Oportunidades y Desafíos de Sustentabilidad (Parte 1)

Francisca Villablanca¹

1. Introducción

Por medio de una estrategia nacional ambiciosa, presentada en noviembre de 2020, Chile aspira a producir el hidrógeno verde más barato del mundo para fines de esta década, lo cual le permitiría situarse entre los tres exportadores principales para el 2040. Tal estrategia nacional ha traído consigo un consenso bastante amplio sobre la necesidad de avanzar rápidamente en el desarrollo de una industria nacional de hidrógeno verde, como afirma Mena (2020) "hay consenso político y técnico de que éste es el camino a seguir", pues conllevaría beneficios para Chile en cuanto a empleo, liderazgo regional en sustentabilidad y valor agregado a sus exportaciones, entre otros aspectos. Asimismo, a nivel global la exportación de hidrógeno verde aportaría a la disminución de gases de efecto invernadero a nivel mundial lo cual le daría un liderazgo relevante al país.

Estos efectos positivos se condicen con los compromisos internacionales asumidos por Chile en cuanto a emisiones, pero la construcción de una industria de hidrógeno verde de gran tamaño en el país podría tener injerencia sobre el cumplimiento de otros acuerdos internacionales con potenciales impactos visuales, auditivos y de ocupación de territorios que podría afectar tanto a las personas, así como al agua, la flora y fauna de los ecosistemas y ambientes involucrados. De allí surge la pregunta ¿cómo interactúan actualmente los compromisos internacionales de Chile con el desarrollo de una gran industria de hidrógeno verde en el territorio nacional? El propósito es identificar las interacciones, ya sean positivas o contradictorias, y la coherencia existente entre los principales acuerdos internacionales ratificados por Chile y los planes que se tienen actualmente para el desarrollo de la industria de hidrógeno verde.

En consecuencia, el **objetivo general** de este análisis es **identificar las interacciones que hay entre los acuerdos internacionales de Chile y el desarrollo de hidrógeno verde a gran escala en el país**. Y por

¹ Internacionalista, Universidad de Chile. Asistente de Investigación, Centro de Estudios del Desarrollo, CED.

objetivos específicos se tiene: 1) Analizar los compromisos internacionales de ambiente y sustentabilidad relacionados a una gran industria de hidrógeno verde; 2) Identificar brechas, desafíos y oportunidades para el desarrollo del hidrógeno verde en el marco de los compromisos establecidos; y 3) Promover vías de acción ante las brechas identificadas (de haberlas) entre compromisos internacionales en ambiente y sustentabilidad y los territorios y ecosistemas involucrados.

Para ello se lleva a cabo una revisión de literatura, en paralelo a un análisis prospectivo sobre los potenciales efectos del desarrollo de una industria del hidrógeno verde y su relación con determinados acuerdos internacionales. Lo anterior se complementa con la realización de entrevistas a siete expertos², lo cual enriquece el artículo con reflexiones desde distintos puntos de vista y disciplinas, permitiendo, por un lado, contextualizar algún campo tocado, y, por otro lado, profundizar en tópicos específicos que se mencionan en el análisis, dando así pinceladas sobre temas como políticas públicas, ordenamiento territorial, derecho internacional, biodiversidad, etc. Y finalmente se plantea una serie de conclusiones.

2. Marco Teórico

2.1 Tratados internacionales sobre ambiente y sustentabilidad

Los tratados internacionales se pueden presentar bajo múltiples denominaciones: convenio, acuerdo, protocolo, pacto, arreglo, compromiso, convención, etc. Pero desde el punto de vista del derecho internacional son considerados siempre como tratados, independientemente de la terminología empleada (Barberis, 1982).

La Convención de Viena sobre Derecho de los Tratados, de 1969, la cual constituye hoy en día la matriz jurídica esencial que regula esta materia (Hernández, 2004), vino no solo a regular sino también a "sistematizar la forma y el procedimiento por el cual los Estados partes, en el uso de sus potestades soberanas, suscriben un tratado internacional; adoptando disposiciones que consagran los diversos principios de carácter internacional por los cuales estos instrumentos deben guiarse" (Lillo & Pérez, 2012, p.11). Asimismo, estipula que "se entiende por "tratado" un acuerdo internacional celebrado por escrito entre Estados y regido por el derecho internacional, ya sea conste en un instrumento único o en dos o más instrumentos conexos y cualquiera que sea su denominación particular" (Convención de Viena, Parte 1, punto 2a).

Así, cuando dos o más Estados se ponen de acuerdo sobre un objeto determinado y desean darle valor jurídicamente vinculatorio a dicho acuerdo, celebran un tratado. Y todas aquellas normas que son conocidas bajo el nombre genérico de tratados se consideran válidas en el derecho internacional (Barberis, 1982).

En este contexto, dentro del Derecho Internacional Público (DIP) se encuentra la rama especial de El Derecho Internacional Público del Medio Ambiente (DIPMA). "Es a partir del final de la década de los sesenta y principio de la de los setenta del siglo XX, cuando se han comenzado a formar reglas generales y

² Sebastián Rioseco; Verónica Vukasic; Diego Urrejola; Javier Simonetti; Eduardo Pavez; Arturo Orellana; Gabriela Simonetti.

principios especiales mediante los cuales la protección al medio ambiente ha llegado a ser objeto de regulación plena por las normas del DIP” (Rojas, 2002, p.336). Los motivos para ello fueron múltiples:

La toma de conciencia en los ámbitos científico, económico y político sobre los efectos que la explosión demográfica, una posible guerra atómica, y el aumento en los consumos de energía tenían y podían llegar a tener sobre el equilibrio natural de un mundo que cuenta con recursos y territorio limitados, llevó a la comunidad internacional a tomar conciencia de que para alcanzar una adecuada protección del medio ambiente resultaba necesario el uso del instrumento del DIP. Asimismo, una regulación internacional del medioambiente fue considerada como indispensable cuando los Estados nacionales se vieron en la necesidad de superar los conceptos de soberanía e integridad territorial, con el objeto de controlar los daños al medio ambiente que repercuten en su territorio, pero que se originan en el territorio de otros Estados (Rojas, 2002, p.337).

Así, **los tratados internacionales llegaron a ser el instrumento preferido para regular la protección medioambiental internacional**. La preferencia por estos se debe a que requieren una negociación previa entre las partes obligadas, el contenido de las obligaciones concertadas se establece de una manera más precisa que en el caso de la costumbre internacional o de acuerdos no escritos, además de que ellos requieren un consentimiento afirmativo y expreso (Rojas, 2002). Asimismo, regulan diversas materias como: contaminación del aire; transporte de materiales peligrosos; contaminación de los océanos; contaminación ocasionada por barcos; contaminación del medioambiente marino; contaminación de los ríos y aguas interiores; biodiversidad; cambio climático; etc. (Rojas, 2002).

Ahora bien, los tratados internacionales no han sido del todo eficientes en cuanto a su bajada concreta dentro de las acciones de cada Estado. A pesar del gran número de tratados internacionales en materia ambiental que se han celebrado durante las últimas tres décadas, **su aplicación resulta problemática debido a que normalmente carecen de mecanismos eficientes para el aseguramiento de sus normas**. Asimismo, algunos de ellos cuentan con cláusulas de escape y carecen de mecanismos de financiamiento de las tareas a ser realizadas por los Estados (Rojas, 2002, p.369).

2.2 Cumplimiento de los tratados internacionales

“La principal problemática de las normas en materia internacional, radica en la repercusión coercitiva, por cuanto la aplicación de una norma implica la existencia de una autoridad superior, que en el momento del incumplimiento de lo establecido tome medidas que permitan el cumplimiento de las obligaciones asumidas por los contratantes” (Montes & Molina, 2016, p.4). Sin embargo, en el sistema internacional cada Estado posee su propia soberanía y no reconoce a una autoridad superior. “Desde la perspectiva internacional no se conciben actores superiores al Estado, por lo que la coerción al incumplimiento de la norma sólo puede lograrse por la presión en materia económica y de seguridad ejercida por el consenso general” (Montes & Molina, 2016, p.4).

Así, el cumplimiento de los tratados internacionales que ha hecho un Estado recae sobre su responsabilidad. “La adopción de medidas planteadas en los tratados internacionales, hace parte del

elemento volitivo³, según el cual, el Estado es libre de obligarse para con otros Estados en relación con el cumplimiento de las acciones y omisiones pactadas” (Montes & Molina, 2016, p.13). “Es por ello que encontraremos Estados que se hallan circunspectos en relación con el contenido de disposiciones ambientales, por cuanto la adopción de medidas de protección ambiental, podrían vulnerar sus dinámicas productivas y sus procesos económicos” (Montes & Molina, 2016, p.13).

De la misma forma, **la suscripción de tratados y la adopción de lineamientos internacionales, compele⁴ a los Estados que requieren proyectarse como cumplidores de los deberes internacionales, en procura de afianzamiento de relaciones comerciales y como demostración de buena fe** y garantía de confiabilidad y desarrollo (Montes & Molina, p.13)

Es así como los Estados que eligen firmar tratados internacionales y se obligan a cumplir sus disposiciones logran mayor credibilidad y prestigio internacional, obteniendo en consecuencia mayores oportunidades y beneficios en cuanto a sus relaciones políticas y comerciales, entre otras, dentro del sistema internacional. Mientras que los Estados que no participan de estas instancias o se comprometen y luego no cumplen, si bien no sufren coerción directa aplicada por una autoridad superior, sí corren el riesgo de sufrir represalias en su credibilidad y relacionamiento con otros Estados que ven los acuerdos internacionales -especialmente sobre ambiente y sustentabilidad- como sinónimo de desarrollo.

2.3 Tratados Internacionales sobre ambiente y sustentabilidad en Chile

Chile ha sido extraordinariamente activo en la ratificación de instrumentos internacionales de contenido ambiental desde que empezó a involucrarse en la década de los sesenta.

A principios de la década de los noventa la preocupación por el medio ambiente y el impacto ambiental significativo, provocado por la actividad económica del ser humano, se fue convirtiendo en una preocupación que requirió cada vez más del compromiso de un mayor número de Estados, por lo cual se hizo especial énfasis en comprometerlos a regular toda actividad relativa a la explotación de recursos naturales, alteración e impacto en los ecosistemas naturales y riesgo en las especies de la flora y fauna. En el caso de Chile, este compromiso se fue adoptando de manera incipiente a partir de la década de los sesenta con la ratificación de la Convención de Washington sobre la protección de la Flora y la Fauna, la ratificación de la Declaración de 1972 sobre el Medio Ambiente Humano; y una serie de instrumentos a partir de los cuales se empezaron a dictar leyes sobre protección y preservación de ecosistemas específicos (Lillo & Pérez, 2012).

Desde entonces **Chile ha firmado diversos tratados internacionales sobre ambiente y sustentabilidad**, como se enlistan aquí y se profundizan en el Anexo 1.

³ Volitivo: perteneciente o relativo a la voluntad

⁴ Compeler: obligar a alguien a hacer algo

Tabla 1: Acuerdos internacionales de Chile sobre ambiente y sustentabilidad y su relación con el hidrógeno verde⁵ (de más antiguo a más reciente)

Acuerdo Internacional sobre ambiente y sustentabilidad firmado por Chile	Relación que tiene con la industria de hidrógeno verde
Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas	Sin relación directa
Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares	Sin relación directa
Convenio de Proscripción de Pruebas Nucleares	Sin relación directa
Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, con su Anexo de 1969	Sin relación directa
Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América	Sin relación directa
Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas	Este acuerdo enlista una serie de “Sitios Ramsar” que deben ser protegidos, y de los cuales uno en específico se encuentra dentro del área de influencia y podría potencialmente resultar afectado por las instalaciones para la producción y almacenamiento de hidrógeno verde
Convenio sobre Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras materias, con sus Anexos I y II	Sin relación directa
Convenio sobre la Conservación de Focas Antárticas	Sin relación directa
Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre	Sin relación directa
Convenio para la Conservación y Manejo de la Vicuña	Sin relación directa
Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje, y sus Anexos	Este acuerdo busca contribuir a la conservación de especies migratorias, las cuales potencialmente podrían verse afectadas por la presencia de campos eólicos
Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos	Sin relación directa
Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas en Casos de Emergencias	Sin relación directa
Convenio para la Protección del Medio Ambiente y la Zona Costera del Pacífico Sudeste	Sin relación directa
Protocolo Complementario del Acuerdo sobre la Cooperación Regional para el Combate contra la Contaminación del Pacífico Sudeste por Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas	Sin relación directa
Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste Contra la Contaminación proveniente de fuentes terrestres y sus anexos	Este acuerdo busca que sus Partes adopten medidas para prevenir la contaminación del medio marino, y actualmente no hay medidas concretas para regular el vertido de salmuera en el mar
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	Sin relación directa
Protocolo de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono	Sin relación directa
Convenio de Basilea para el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación	Sin relación directa

⁵ Si bien puede haber otros acuerdos internacionales que tengan relación directa con el desarrollo de una industria de hidrógeno verde en el país – como por ejemplo el Convenio 169 de la OIT que establece una consulta indígena cuando tales comunidades se puedan ver afectadas –, ante la necesidad de definir qué acuerdos serían evaluados y cuáles no (por la imposibilidad de evaluar todos en este estudio), se delimitó al análisis de acuerdos internacionales dentro de la categoría específica de medioambientales.

Acuerdo Internacional sobre ambiente y sustentabilidad firmado por Chile	Relación que tiene con la industria de hidrógeno verde
Tratado entre la República de Chile y la República de Argentina sobre Medio Ambiente	Sin relación directa
Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección Ambiental	Sin relación directa
Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	Sin relación directa
Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)⁶	Este acuerdo estipula la realización de evaluaciones de impacto ambiental de proyectos que puedan tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. En el caso de la industria del H2V por su magnitud esta requiere de una evaluación a nivel macro para efectivamente prevenir daños a la diversidad biológica, más en la práctica las evaluaciones van centradas más a la evaluación de proyectos individuales que a la evaluación de impactos acumulativos.
Convenio de las Naciones Unidas para Luchar contra la Desertificación	Sin relación directa
Acuerdo de Cooperación Ambiental Chile - Canadá (acuerdo paralelo al Tratado de Libre Comercio firmado entre ambos países)	Sin relación directa
Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y sus Anexos A y B	Sin relación directa
Convenio para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Informado Previo (PIC) a ciertos Productos Químicos Peligrosos	Sin relación directa
Protocolo sobre Cooperación, Preparación y Lucha Contra los Sucesos de Contaminación por Sustancias Nocivas y Potencialmente Peligrosas y su Anexo	Sin relación directa
Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología	Sin relación directa
Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)	Sin relación directa
Acuerdo de Cooperación Ambiental con los Estados Unidos de América	Sin relación directa
Memorando de Entendimiento sobre Cooperación Ambiental entre la CONAMA y la Administración Estatal para la Protección Ambiental de la R.P. China (State Environmental Protection Administration, SEPA). (Artículo 108 del TLC)	Sin relación directa
Convenio de Minamata sobre el Mercurio	Sin relación directa
Acuerdo de Cooperación Ambiental entre la República de Chile y la República de Perú	Sin relación directa
Acuerdo de París	Este acuerdo tiene por objetivo principal reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global, y el H2V tiene entre sus principales beneficios la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
Acuerdo entre la República de Chile y la República Federal de Alemania sobre el Proyecto: "Descarbonización en el Sector de Energía Chileno"	Si bien existe una relación, pues se aborda el tema de la descarbonización del sector energía en Chile, el acuerdo no establece compromisos transversales por parte de Chile, sino que es acotado al cumplimiento del proyecto "descarbonización del sector de energía chileno", que consiste en cooperación con su contraparte alemana.

⁶ En 2011 se abre a la firma el Protocolo de Nagoya, basado en el CDB, que busca la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos, pero no ha sido suscrito por Chile a la fecha.

Acuerdo Internacional sobre ambiente y sustentabilidad firmado por Chile	Relación que tiene con la industria de hidrógeno verde
Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (Acuerdo de Escazú)	Aquí se identifica una relación especialmente en el aspecto de participación ciudadana, en cuanto a informar oportuna y adecuadamente a la población que pueda ver afectado su entorno y sus vidas, y en torno a la participación significativa de estas mismas personas. Si bien por un lado hay evidencia de la realización de talleres y consultas públicas sobre H2V, una parte de la sociedad civil reclama que -al menos en Magallanes- la información no ha sido efectiva pues no se ha hablado de las potenciales implicancias negativas de una industria de hidrógeno, lo que a su vez impide una adecuada participación informada de la población. Esta interacción resulta compleja pues al no haber literatura al respecto se requiere conversar con diversos actores de la sociedad civil, así como conocedores de la implementación del acuerdo de Escazú específicamente para el caso del H2V. En base a lo anterior tal labor se encomienda a una futura investigación exclusiva sobre este tema.
Acuerdo sobre la Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad Marina más allá de las Jurisdicciones Nacionales (BBNJ)	El BBJN incluye mecanismos para la creación de áreas marinas protegidas, así como la implementación de evaluaciones de impacto ambiental en áreas marinas que van más allá de las jurisdicciones nacionales. Por lo cual se puede prever una mayor precaución ante potenciales afectaciones por tráfico marino de exportaciones de hidrógeno verde; esto una vez el acuerdo entre en vigor.

En suma, Chile es parte de tratados internacionales ambientales sobre diversos temas. **Que Chile cumpla lo acordado en tales tratados resulta de suma relevancia por: a) El aporte que Chile como país puede hacer al mundo en materia de cambio climático; b) El ejemplo que puede sentar especialmente para otros países de Sudamérica junto a un liderazgo en la materia; y c) La credibilidad y prestigio internacional que se obtiene del cumplimiento de tratados y acuerdos internacionales, y los consecuentes beneficios que conlleva tal prestigio internacional.**

Con esto claro, cabe preguntarse cómo están interactuando los compromisos internacionales de Chile sobre ambiente y sustentabilidad con el inminente desarrollo de una gran industria de hidrógeno verde en territorio nacional, analizando si el H2V se proyecta como una industria sostenible y en concordancia con los acuerdos internacionales del país.

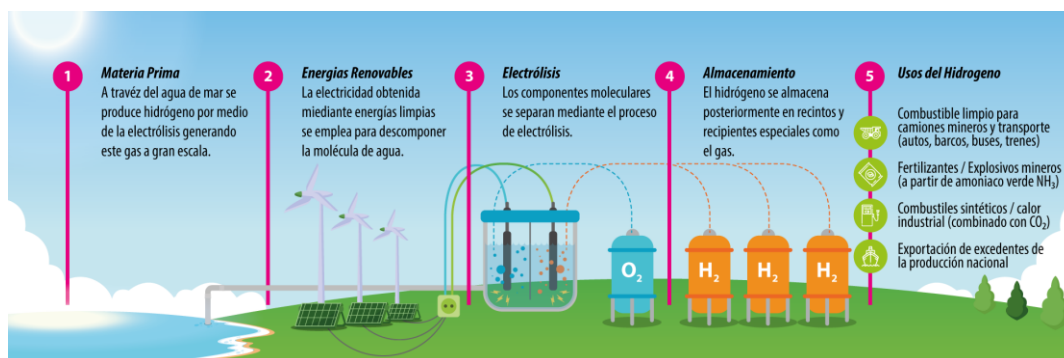
3. Situación actual del hidrógeno verde

3.1 Qué es y cómo funciona el hidrógeno verde

El hidrógeno es el elemento más común del universo. Actualmente se produce principalmente a partir de gas natural, petróleo y carbón, pero estos procesos generan emisiones de CO₂. No obstante, el hidrógeno también puede ser obtenido mediante un proceso de electrólisis, donde se dividen las moléculas de agua (H₂O) en hidrógeno, por un lado, y oxígeno por otro lado. Cuando la energía usada para llevar a cabo este proceso de electrólisis proviene de fuentes renovables, al hidrógeno resultante se le llama hidrógeno verde (H₂V), el cual es limpio y no emite CO₂.

El proceso de generación de H₂V -en pocas palabras- consiste en obtener electricidad de fuentes renovables (como la solar o eólica) para llevar a cabo el proceso de electrólisis, para el cual se necesita como materia prima una determinada cantidad de agua (si es agua de mar debe ser desalinizada previamente). Una vez realizado el proceso de electrólisis se obtiene hidrógeno verde, más si se pretende exportar este, se debe llevar a cabo un proceso de almacenamiento y transporte hacia otros países, para lo cual se deben abordar resguardos, regulaciones de seguridad y obtención de permisos, entre otros aspectos de política pública.

Infografía 1: Cadena de valor del H₂V

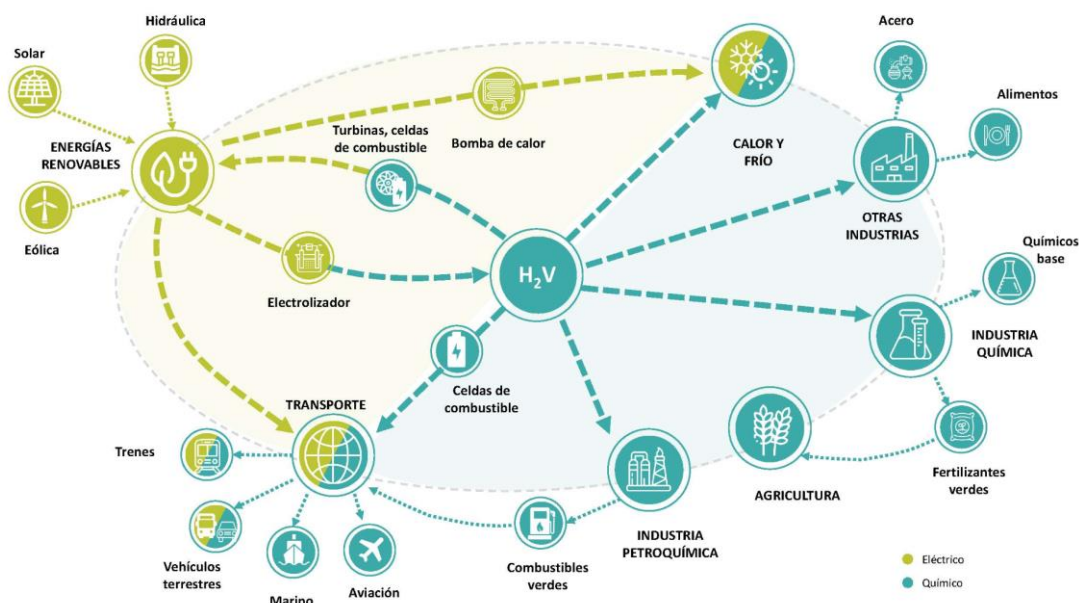


Fuente: Ministerio de Energía de Chile⁷

En lo respectivo a su aplicación, el hidrógeno se usa en la refinación de combustibles fósiles, en la producción de amoníaco y en la industria del acero, pero actualmente se están desarrollando nuevas aplicaciones en las cuales este elemento se quema de forma directa o genera electricidad a través de dispositivos llamados celdas de combustible (en transporte hay vehículos con celdas de combustible y estanques de hidrógeno). También se puede usar en la producción y almacenamiento de energía eléctrica y térmica, en la generación de electricidad en turbinas de gas, así como en el reemplazo de hasta un 100% del gas natural en redes de gas, también en procesos industriales y refinación de metales, en la producción de combustibles verdes neutros en CO₂, y en la producción de fertilizantes para la agricultura e insumos mineros, usando amoníaco verde como materia prima (Ministerio de Energía, 2021).

⁷ Recuperado de ¿Qué es el hidrógeno verde? | Ministerio de Energía (energia.gob.cl)

Infografía 2: Usos del H₂V



Fuente: Ministerio de Energía de Chile⁸

3.2 Situación actual y proyección de Chile

Teniendo ya en cuenta la cadena de producción del H₂V y sus potenciales usos, cabe observar con mayor detalle la situación actual y proyección futura de Chile. La Agencia de Energía Renovable Internacional estima que para 2050 el hidrógeno verde representará hasta el 12% de la energía mundial utilizada y ha identificado a Chile, Marruecos y Namibia entre los países que podrían emerger como sus exportadores. Una estrategia nacional ambiciosa, presentada en noviembre de 2020, aspira a que Chile produzca el hidrógeno verde más barato del mundo para fines de esta década, para situarse entre los tres exportadores principales para 2040 debido a sus abundantes fuentes de energías renovables (Bartlett, 2022).

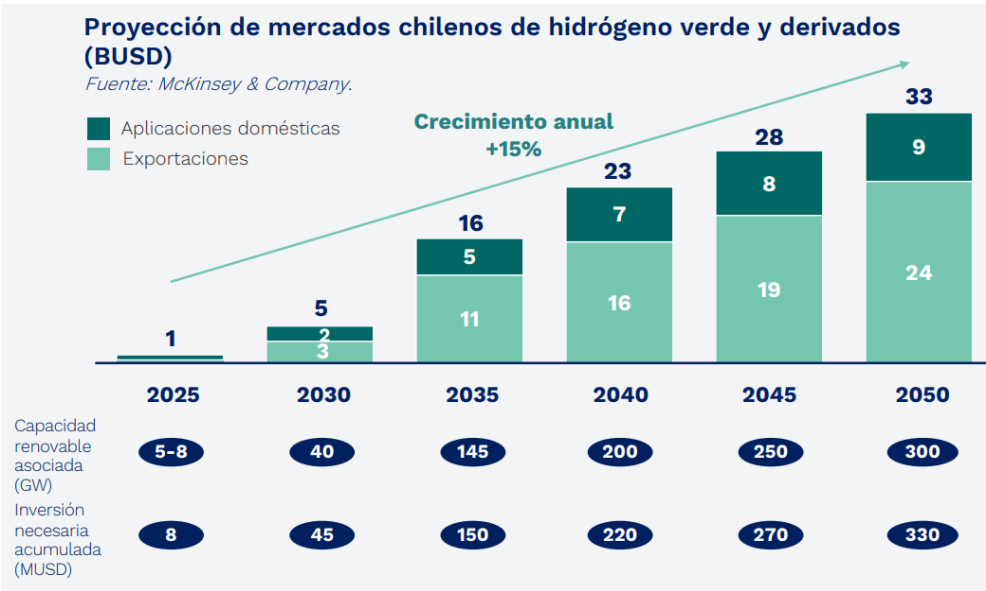
De acuerdo con las proyecciones energéticas de la Planificación Energética de Largo Plazo, desarrollada por el Ministerio de Energía, al año 2050 la canasta energética del país cambiará sustancialmente su constitución, disminuyendo de manera relevante el consumo a través de combustibles fósiles, principalmente con una mayor incorporación de electrificación de consumo, pasando de 22% a un rango entre 42% y 46%, y la incorporación de hidrógeno verde y derivados en un rango entre el 16% y 17% del consumo energético nacional (Gobierno de Chile, 2023, p.17).

⁸ Recuperado de <https://energia.gob.cl/h2/Qu%C3%A9-es-el-hidr%C3%B3geno-verde>

Así, en agosto de 2023 empezó a funcionar la primera planta piloto de Chile (“Haru Oni”) (Diario Financiero, 2023) -y Latinoamérica- y **actualmente en el país existen más de 41 proyectos de hidrógeno verde en ocho regiones**. Antofagasta representa el 36% del total del país con 15 proyectos, seguido por Magallanes, que cuenta 12 proyectos en carpeta, de los cuales dos de ellos entrarían a evaluación ambiental hacia el fin del primer semestre (Ministerio de Energía, 2023).

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde en su primera versión considera tres oleadas. La primera oleada consistiría en consumos domésticos de gran escala con demanda establecida, de la mano del reemplazo de amoniaco importado por uno de producción local, y el reemplazo del hidrógeno gris en las refinerías del país. La segunda oleada incorporaría el uso en transporte de pasajeros y carga pesada de larga distancia, y el inicio de la exportación de H2V y sus derivados. Luego, más a largo plazo, se abrirán nuevos mercados de exportación para escalar el uso y exportaciones de H2V. Los sectores del transporte marítimo y aéreo podrán ser descarbonizados mediante combustibles derivados del hidrógeno, tanto en rutas locales como internacionales (Ministerio de Energía, 2020). La siguiente imagen resume la proyección de mercados chilenos de H2V y sus derivados:

Infografía 3: Proyección de mercados chilenos de hidrógeno verde y derivados



Fuente: Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (2020)⁹

Si bien, la infografía anterior resume en grandes rasgos la proyección del desarrollo de H2V en el país, en el más reciente Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030 se especifican medidas más concretas para hacer realidad las expectativas del gobierno.

⁹ Recuperado de [estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf](#) (energia.gob.cl)

El Plan Nacional de Hidrógeno Verde tiene por objetivo principal definir una hoja de ruta entre el año 2023 y 2030 que permita el despliegue de una industria sostenible del hidrógeno verde y sus derivados, a través de acciones coordinadas entre las distintas carteras de Gobierno y organismos relacionados, en concordancia con las iniciativas regionales y locales (Gobierno de Chile, 2023).

En el mismo documento se expone una lista de “medidas destacadas para impulsar una industria de hidrógeno verde y derivados en Chile” (Ver Anexo 2).

3.3 Implicancias positivas del H2V

Países que representan casi el 90% del PIB global tienen políticas e iniciativas públicas de apoyo al hidrógeno (Ministerio de Energía, 2020). Esta es una cifra bastante alta, más la creciente popularidad del H2V no viene injustificada, sino que se sustenta en una variedad de diversos beneficios potenciales. El más directo y evidente es su efecto en la **reducción de gases de efecto invernadero (GEI)**, que va de la mano con la lucha contra el cambio climático en un contexto de urgencia de esta temática.

Aunque se detuvieran por completo las emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura media del planeta seguirá aumentando hasta, al menos, mediados de siglo y, a menos que se adopten medidas mucho más drásticas durante los próximos años, el calentamiento global de entre 1,5° C y 2° C se superará durante este siglo. En palabras del IPCC: «Para limitar el calentamiento global son necesarias reducciones rápidas, importantes y sostenidas de las emisiones de CO₂, metano y otros gases de efecto invernadero. Ello no sólo reducirá las consecuencias del cambio climático, sino que también mejorará la calidad del aire» (García, Jordano, Lozano & Nogueira, 2022, p.12).

Sumado a esto, el desarrollo de una industria de H2V trae consigo otros beneficios indirectos, políticos y económicos, para el país en concreto que lo pueda desarrollar a un valor conveniente. Este es el caso de Chile por su abundancia en energías renovables y de allí su oportunidad para producir H2V a un precio atractivo.

En primer lugar, un país que desarrolle el H2V ganaría en **prestigio y credibilidad internacional** al reducir sus emisiones, que no afectan exclusivamente a su territorio nacional, sino que traspasan fronteras, lo cual se relaciona con la búsqueda de un desarrollo sustentable y el cumplimiento de los compromisos internacionales sobre cambio climático. En segundo lugar, de exportarse el H2V producido en territorio nacional a un valor conveniente, se estaría **ampliando la canasta exportadora del país**, y sumando valor agregado a otros productos nacionales que ahora puedan ser producidos con energía limpia.

Chile tiene una oportunidad única para desarrollar una industria competitiva de hidrógeno verde que, a partir de electricidad producida con recursos renovables de bajo costo, permita formar un energético de uso local y de exportación, impulsando una economía sustentable en torno a esta. Esta oportunidad puede tener un gran impacto en nuestra marca país, agregando un valor verde a los productos creados en Chile, reduciendo su huella de carbono de transporte y ofreciendo nuestros energéticos de carácter renovable a quienes los necesiten. Una oportunidad concreta,

por ejemplo, sería convertirse en el productor principal de cobre verde a nivel mundial. De esta manera vemos que se ofrece al país la oportunidad de generar espacios de innovación, potenciar el crecimiento y el empleo local, así como crear nuevas empresas de impacto local y global (Ministerio de Energía, 2020, p.3).

En tercer lugar, la creación de una nueva industria en cualquier país generará múltiples **puestos de empleo** y traerá la necesidad de profesionales y mano de obra calificada para ocupar los mismos.

Aprovechar el potencial del hidrógeno verde en Chile significa generar valor local en nuestras regiones y crear al menos 100.000 nuevos empleos, más sofisticados y satisfactorios, durante las próximas décadas (Ministerio de Energía, 2020, p.14).

Por último, en un contexto donde el H2V es “nuevo”, el desarrollo de una industria como ésta, califica al país que lo desarrolle como **pionero en la materia** y le otorga **liderazgo** en cuanto a sustentabilidad, cambio climático, energía renovable y, claro está, hidrógeno verde.

Chile puede transitar de ser un país históricamente basado en recursos no renovables a una nación que añade un valor verde a sus exportaciones y producir los energéticos limpios que el mundo necesita para descarbonizarse (Ministerio de Energía, 2020, p.14).

3.4 Potenciales Implicancias negativas y desafíos del H2V

Ahora bien, todo tiene su contraparte, y a pesar de los múltiples y diversos beneficios del desarrollo de una industria de H2V, esta puede traer consigo implicancias negativas, que claramente serán variables dependiendo de cada caso/país, pero en la situación concreta de Chile destacan los riesgos de seguridad para las personas y pérdida de biodiversidad, como se expone en los siguientes párrafos.

Al ser el hidrógeno un elemento muy volátil e inflamable, se requieren amplias medidas de **seguridad** para evitar fugas y explosiones (World Energy Trade, 2021), y problemas de salud en el trabajo. Si el hidrógeno no se manipula adecuadamente, puede suponer un riesgo importante para la seguridad de los trabajadores durante la producción, el transporte y el almacenamiento de este (Hurwitz, Bujak, Tapia, Daza & Gischler, 2023).

El proceso de producción implica el funcionamiento de equipos de alta presión complejos y potencialmente perjudiciales y la manipulación de productos químicos peligrosos, lo que puede provocar accidentes y lesiones. Los trabajadores también pueden estar expuestos a intensos campos electromagnéticos dentro del edificio del electrolizador, a toxinas (incluidos el metanol y el amoníaco) en las unidades de conversión y almacenamiento, y a superficies frías en las unidades de almacenamiento criogénico (Hurwitz et al., 2023).

Asimismo, el almacenamiento y el transporte de hidrógeno requieren el uso de contenedores y tuberías de alta presión, que pueden ser una amenaza, tanto para las comunidades cercanas como para el medio ambiente, en caso de fugas y/o explosiones (Hurwitz et al., 2023).

Ahora bien, a los riesgos en seguridad se le suman las implicancias negativas sobre la **biodiversidad** de las zonas que se pretenden convertir en polos de desarrollo de H2V, lo que podría acentuar una ya existente crisis de biodiversidad. Como afirma García (2022), “**además de crisis climática, podemos hablar de una crisis de la biodiversidad que puede poner en jaque los ecosistemas, que son la base para la supervivencia de los seres vivos del planeta**” (García et al., 2022, p.23). Al ser esta una crisis mundial, Chile no es la excepción, a pesar de su **diverso patrimonio natural**.

Chile tiene un gran patrimonio natural. La geografía nacional abarca desde los desiertos más áridos del mundo hasta territorios antárticos, y desde cumbres por sobre los 6000 metros hasta el océano, además de islas, fiordos y archipiélagos. Esta variedad de climas y ecosistemas dan lugar a una amplia gama de formas de vida. En Chile se cuenta con alrededor de 31.000 especies, entre plantas, animales, algas, hongos y bacterias, de las cuales casi el 25% son endémicas¹⁰ (Bitrán, Infante, Barros & Otero, 2022).

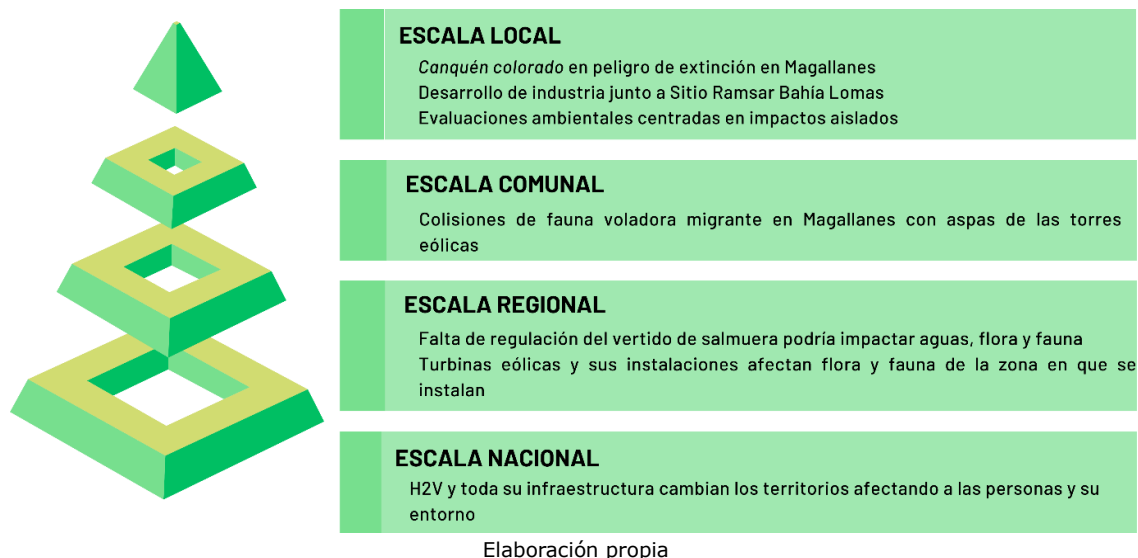
El factor de diversidad en la geografía de Chile tiene un rol relevante en cuanto al desarrollo de una industria de H2V, pues la producción y almacenamiento de H2V innegablemente **cambiaría los territorios** donde se instale. Como indica Luna (2023), “miles de kilómetros cuadrados de gigantescos aerogeneradores y parques fotovoltaicos, grandes desalinizadoras de agua y plantas de hidrólisis, construcción de puertos, plataformas, caminos, líneas de alta tensión y barcos cargados de amoníaco navegando en costas y bahías, serán parte de la nueva fisonomía de aquellas zonas que fueron ungidas como polos de desarrollo de hidrógeno verde” (Luna, 2023). A su vez, los **cambios en los territorios tienen implicancias directas sobre aguas, flora, fauna, y comunidades**.

Los cambios en el uso del suelo que conllevan los proyectos de H2V a gran escala y demás infraestructura relacionada con ellos puede implicar la pérdida de zonas naturales de amortiguación como humedales y bosques que mitigan los efectos de peligros naturales como inundaciones o deslizamientos de tierra, lo que además de afectar al ecosistema puede afectar a la seguridad de las comunidades aledañas (Hurwitz et al., 2023).

A la hora de analizar las potenciales implicancias vale la pena considerar que hay **escalas territoriales en la afectación**, pues las implicancias concretas se evidencian más claramente al bajar de un análisis de escala nacional hacia uno regional, comunal, y local.

¹⁰ Endémico: Propio y exclusivo de determinadas localidades o regiones.

Infografía 4: Escala territorial de potenciales implicancias negativas del desarrollo de una industria de H2V en Chile



Por ejemplo, a nivel regional, tanto en el sur como en el norte del país, en las regiones donde se instalen plantas desalinizadoras “la conservación de la biodiversidad puede verse afectada por los impactos de la presión excesiva sobre los recursos hídricos, ya sean de agua dulce o de mar, que reciben los vertidos de salmuera de las plantas desalinizadoras” (Hurwitz et al., 2023).

Aunque el uso de **agua desionizada** producida por las plantas desalinizadoras puede reducir la demanda de agua dulce, genera la necesidad de verter una corriente de salmuera en las fuentes de agua y los suelos. Además, la producción de amoníaco y metanol genera residuos y a menudo implica el uso de **catalizadores y otros productos químicos que pueden ser tóxicos o nocivos para el medio ambiente**, contaminando potencialmente las fuentes de agua y los suelos durante la producción y el transporte, si no se manipulan adecuadamente. En caso de vertidos continuos o fugas en cuerpos de agua, esto puede representar un **peligro inmediato para la vida acuática**, con las consiguientes repercusiones en los **medios de subsistencia de las comunidades que dependen de ella** (Hurwitz et al., 2023).

Otro ejemplo, a nivel regional, sería el de la instalación de turbinas eólicas en regiones ventosas del país con potencial en producción de energía eólica.

La **instalación de turbinas eólicas puede impactar negativamente** sobre medioambiente y biodiversidad, pues la construcción de las infraestructuras necesarias para la instalación de las torres -como caminos y plataformas- pueden dañar el suelo y la vegetación, y la excavación de cimientos puede afectar a los hábitats de animales y plantas. Además, las turbinas eólicas pueden generar ruido y vibraciones que pueden afectar a la fauna local, especialmente a aves y

murciélagos -que pueden resultar heridos o morir al colisionar con las aspas- y pueden interferir con las **rutas migratorias** (Consejo Políticas de Infraestructuras, 2023).

Y bajando aún más, como ejemplo a nivel comunal se encuentra el problema de aves migratorias en peligro de extinción en Magallanes.

La Región de Magallanes, en el extremo sur, podría terminar pagando altos costos socioambientales si el H2V no se desarrolla con los debidos resguardos. Los grandes proyectos anunciados para esta región y sus gigantescos parques eólicos están proyectados justo en áreas que son críticas para tres **especies de aves en peligro de extinción**: el playero ártico (*Calidris canutus rufa*), el chorlo de Magallanes (*Pluvianellus socialis*) y el canquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*)¹¹ (Luna, 2023).

La instalación de gigantescos parques eólicos sobre estos hábitats críticos podría tener consecuencias irreversibles, causando de manera acumulativa, interferencias a movimientos locales y rutas migratorias (efecto-barrera) obstaculizando patrones de vuelo y afectando severamente **ciclos de vida, alimentación, descanso y reproducción** (Luna, 2023).

Lo anterior evidencia asimismo un **desafío en cuanto a los niveles de toma de decisiones, pues el H2V tendría implicancias no sólo a escala nacional, sino también regional, comunal y local; y ello implica que se debe trabajar en la toma de decisiones a diversos niveles, mediante políticas públicas, planes, programas y proyectos**. En ese sentido los acuerdos internacionales que Chile ha firmado se encuentran al nivel más alto de políticas, pero resulta necesario analizar si estos no requieren de una bajada más concreta a otros niveles de toma de decisiones para asegurar su cumplimiento.

Por último, cabe destacar que las potenciales implicancias negativas y desafíos analizados no quitan que el desarrollo de una industria de hidrógeno verde en Chile representa una parte muy importante para alcanzar la transición energética a nivel nacional, y la ampliación del uso de H2V a nivel global, con su consecuente reducción de emisiones y aporte a la lucha contra el cambio climático. Más resulta vital conocer los riesgos implicados para empezar a gestionar los mismos, y que de esa forma se pueda generar H2V con todos los resguardos necesarios.

4. Acuerdos Internacionales relacionados al desarrollo del H2V en Chile

En el presente apartado se exponen las principales interacciones entre los compromisos internacionales de ambiente y sustentabilidad y los potenciales efectos del desarrollo de una industria de H2V en Chile. Habiéndose expuesto ya previamente las potenciales implicancias tanto positivas como negativas del desarrollo del H2V, y en paralelo haberse analizado el contenido de la totalidad de acuerdos sobre ambiente y sustentabilidad (Anexo 1), se identifican las siguientes interacciones:

¹¹ Si bien las especies de aves en peligro de extinción son mencionadas por Luna, su calidad de "en peligro de extinción" proviene del procedimiento del Reglamento para Clasificar Especies según Estado de Conservación (denominado con la sigla RCE).

4.1 Acuerdo de París - Reducción de GEI

“Para abordar el cambio climático y sus impactos negativos, los líderes mundiales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en París, realizaron un avance más el 12 de diciembre de 2015 con el histórico Acuerdo de París” (Naciones Unidas, s.f). Este es un tratado internacional legalmente vinculante, entrado en vigor en 2016, que cuenta con la firma de 194 partes, y cuyo **objetivo principal es: “reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero** para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2 °C y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo el 1,5°” (Naciones Unidas, s.f).

El desarrollo de una gran industria de H2V en Chile resulta coherente con el Acuerdo de París, pues este representaría un 24% de la reducción necesaria de emisiones para lograr la meta de carbono neutralidad antes del 2050 (Eguiguren, 2024). Y en el más largo plazo además de su uso dentro del país se pasaría a exportar, lo cual también permitiría la descarbonización de determinados sectores en otros países. Por lo cual **el H2V se condice -tanto en el corto como largo plazo- con el objetivo de reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero** para limitar el aumento de la temperatura global.

4.2 Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Salvaje - Torres eólicas y fauna voladora migratoria

La finalidad de la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (conocida también como CMS o Convención de Bonn) es **contribuir a la conservación de las especies terrestres, marinas y aviarias de animales migratorios** a lo largo de su área de distribución (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, s.f).

En su Artículo 3, sobre especies migratorias amenazadas, se indica que Las Partes que sean Estados del área de distribución de una especie migratoria que figure en el Anexo I (que enlista especies migratorias amenazadas) **se esforzarán por prevenir, eliminar, compensar o reducir al mínimo, cuando sea apropiado, los efectos negativos de las actividades o de los obstáculos que constituyan un impedimento grave a la migración de dicha especie** o que hagan imposible dicha migración (Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre, 1979). Chile ratificó el CMS en 1979, y en la estepa Magallánica se encuentra el **canquén colorado** (*Chloephaga rubidiceps*) (Ministerio de Medio Ambiente, s.f), que es una de las especies migratorias amenazadas incluidas en el Anexo I del mencionado Convenio (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 1981).

Dado que la región de Magallanes es una de las regiones que se verían más afectadas por el desarrollo de una industria de H2V -y en especial la fauna voladora por potenciales choques con aspas de torres eólicas- **la instalación de grandes campos eólicos para producir H2V en Magallanes podría estar pasando a llevar el compromiso de Chile en el CMS de prevenir los efectos negativos de las actividades que impidan gravemente la migración de esta especie.**

La escala con la que se plantea esta industria (del H2V), con miles de hectáreas de parques eólicos, se sobrepone con la confluencia de tres rutas migratorias de aves que culminan en Magallanes, la ruta del Pacífico, la del Atlántico y la Mid-continental (Norambuena, Sandvig & Centro Bahía Lomas, 2024).

Lo más cercano a una medida para abordar la protección de esta y otras aves migrantes en el Plan de Acción de H2V 2023-2030 es en los Criterios de Sustentabilidad, los cuales constituyen orientaciones estratégicas a ser cumplidas en el desarrollo de la nascente industria del hidrógeno verde. Entre estos criterios está: "Industria que se desarrolla respetando los ecosistemas y sus servicios ambientales e interacciones, considerando los mejores estándares disponibles, en un marco de la crisis climática, pérdida de biodiversidad y contaminación" (Gobierno de Chile, 2023, p.42), e "Inserción equilibrada de la Industria, compatible con las condiciones y dinámicas del territorio, atendiendo la diversidad geográfica, cultural, ambiental y económica del país" (Gobierno de Chile, 2023, p.42), más estas orientaciones estratégicas son demasiado amplias, mencionando muy brevemente "biodiversidad" y en las medidas no se estipula tampoco alguna vía de acción más concreta en cuanto a la protección de especies de aves amenazadas.

Así, **el compromiso internacional de proteger al canquén colorado no se estaría cumpliendo**, puesto que en el plan de acción no se menciona el tema ni se exponen medidas de protección a las especies de aves amenazadas. Sin embargo, que esto no se mencione en el plan resulta comprensible debido a que la problemática es en sí local, y por tanto una política o un plan, debido a su amplitud, difícilmente podrán abordar un caso tan específico; de allí que **para abordar esta problemática parece necesaria una bajada en las decisiones al nivel de proyectos y/o programas, y así se pueda dar cumplimiento efectivo al compromiso internacional de la CMS**.

4.3 Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas - Sitio Ramsar Bahía Lomas

Este tratado internacional contiene las bases sobre las que asentar y coordinar las principales directrices relacionadas con la conservación de los humedales, actualmente cuenta con más de 170 Partes Contratantes (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, s.f), y su objetivo fundamental es "la conservación y el uso racional de los humedales, a través de la acción nacional y mediante la cooperación internacional, a fin de contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo" (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, 1971).

Cuando un país se adhiere al Convenio de Ramsar contrae una serie de compromisos de conservación y uso racional de sus humedales, y además tiene la obligación de designar al menos un humedal para ser incluido en su Lista de Humedales de Importancia Internacional (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, s.f). El Artículo 2 del Convenio indica que "cada Parte Contratante designará zonas húmedas apropiadas dentro de su territorio para ser incluidas en una lista de zonas Húmedas de Importancia Internacional, de ahora en adelante denominada "La Lista"" (Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, 1971, Art.2), y el Artículo 3, que **"Las Partes Contratantes deberán elaborar y poner en ejecución planes de su conveniencia a objeto de favorecer la conservación de las zonas húmedas incluidas en la Lista"**

(Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, 1971, Art. 3). Chile suscribió y promulgó la Convención como Ley de la República en 1981 (Ministerio de Agricultura de Chile, s.f), y desde entonces ha establecido **16 sitios Ramsar** (humedales con especial interés y valor biológico), **entre ellos, Bahía Lomas, el cual se ubica en la Región de Magallanes**, y:

Cuenta con las llanuras intermareales más grandes de Chile, frente a una playa de 69 km de largo y varios salares. La bahía es reconocida por sus altas concentraciones de aves playeras migratorias de octubre a marzo, con registros de más de 41.000 *Calidris canutus* (más del 88% de la población de América); 4.500 *Limosa haemastica* (el 23% de la población mundial); 12.000 *Calidris fuscicollis* (el 3% de la población mundial), así como especies casi amenazadas como el chorlo de Magallanes *Pluvianellus socialis* y el flamenco chileno *Phoenicopterus chilensis*. Las precipitaciones son escasas y la vegetación es típica de la estepa patagónica, dominada por las gramíneas *Festuca pallescens* y *F. gracillima*. Los grandes cetáceos han quedado varados con frecuencia en las llanuras, habiéndose registrado 21 especies de estos (Ramsar Sites Information Service, s.f).

La riqueza en biodiversidad que se menciona previamente -y la cual le valió el título de sitio Ramsar- se ve potencialmente amenazada por el desarrollo de una gran industria de H2V junto a este sitio, debido a las inminentes **colisiones de aves con las torres eólicas** que se pretende instalar en la zona, y las demás instalaciones de **plantas desalinizadoras y de electrólisis**, así como **caminos y demás infraestructura necesaria** para desarrollar los proyectos de H2V y que inevitablemente afectarían la flora y fauna de este sitio Ramsar. En tal sentido **el desarrollo de H2V en esta zona específica interactúa con la Convención de Ramsar de forma contradictoria, al arriesgar la conservación del ecosistema de Bahía Lomas y de las aves de esta zona**; y, al igual que en el caso de la protección de aves migrantes amenazadas, en el actual Plan de Acción de H2V sólo el par de orientaciones estratégicas mencionadas en el punto 4.2 muestran algún indicio de abordaje a la protección de biodiversidad, pero en un sentido demasiado ambiguo.

El presente tratado podría ser incumplido si se determina que la industria de hidrógeno verde amenazaría la flora y fauna del Sitio Ramsar Bahía Lomas; más -al igual que en el caso de la CMS- **al ser este un caso local y específico, su abordaje habría de realizarse a nivel del proyecto en cuestión, y entonces la falta al Convenio Ramsar cesaría**.

4.4 Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste Contra la Contaminación proveniente de fuentes Terrestres - Carencia de regulación al vertido de salmuera

El Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres, suscrita en Quito, Ecuador, y ratificada por Chile en 1983, comprende el área del Pacífico Sudeste, dentro de la zona marítima de soberanía y jurisdicción, hasta las 200 millas de las Partes Contratantes, así como las aguas interiores hasta el límite de las aguas dulces (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s.f), y considera como contaminación marina proveniente de fuentes terrestres a: los emisarios o depósitos y descargas costeras; las descargas de ríos, canales u otros cursos de agua, incluidos los subterráneos; y, en general, cualquier otra fuente terrestre

situada dentro de los territorios de las Altas Partes Contratantes, ya sea a través del agua, o de la atmósfera, o directamente desde las costas (Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres, 1983).

En su Artículo 3, sobre obligaciones generales, afirma que:

Las Altas Partes Contratantes se esforzarán, ya sea individualmente, o por medio de la cooperación bilateral o multilateral, en **adoptar las medidas apropiadas**, de acuerdo con las disposiciones del presente Protocolo, **para prevenir, reducir o controlar la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres, cuando produzcan o puedan producir efectos nocivos tales como daños a los recursos vivos y la vida marina**, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marinas, incluso la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento (Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres, 1983, p.2).

En el caso del desarrollo de una industria de H₂V en Chile, un aspecto que resuena en este contexto es el del vertido de salmuera en el mar. Pues del proceso de desalinización de agua de mar, se obtiene como subproducto una concentración de sal muy alta, denominada **salmuera, que si se vierte en el mar sin una adecuada regulación puede afectar negativamente a la vida marina** de las zonas costeras.

Además del aumento de salinidad, se ha evidenciado un aumento de la temperatura de hasta 0,7°C cerca de los emisarios (tubos donde sale la salmuera hacia el mar). Este aumento de casi 1°C es perjudicial para toda la vida marina adyacente a estas zonas, ya que una de las características más importantes de la vida marina, es su fragilidad al aumento de temperatura en el agua (Vicuña, 2022, en Ahrendt, 2023).

Ahora bien, hay formas de disminuir y prevenir su impacto en la vida marina. Por un lado, el vertido puede hacerse de manera que se disperse y diluya rápidamente en el volumen total del agua de mar y alejado de ecosistemas delicados, a la vez que usando técnicas avanzadas de ingeniería como el vertido mediante emisario submarino, o dilución previa al vertido por el emisario de salmuera. Por otro lado, se le puede dar un uso a la salmuera, mediante la denominada minería de salmuera, o por un proceso de evaporación-cristalización (Nuevo, 2020).

Pero si bien existen formas de regular o incluso evitar el vertimiento de salmuera en el mar, el actual plan de acción de H₂V no incluye medidas concretas al respecto, ni se menciona la palabra salmuera en el plan. Y cuando se habla del tema de desalinización del agua es sobre establecer un marco normativo uniforme para contribuir al resguardo y priorización del uso de fuentes continentales de agua para uso humano (Medida 42) (Gobierno de Chile, 2023), y para dar certeza del uso de suelo y otras normas aplicables cuando la finalidad principal del agua de mar sea la utilización industrial en el marco de la cadena de valor del hidrógeno verde y sus derivados (Medida 78) (Gobierno de Chile, 2023).

Lo más cercano a abordar regulaciones sobre el vertido de salmuera sería la Medida 69 sobre desarrollar un plan de gestión integral de residuos de toda la cadena de valor de la industria del hidrógeno verde, que

tiene por objetivo “cumplir con estándares de economía circular, con la participación de PYMEs, y que considere reportes periódicos públicos por parte de los titulares” (Gobierno de Chile, 2023, p.81), y por plazo el 2027. Pero esto sigue siendo muy ambiguo e incierto. En este sentido no se evidencian medidas apropiadas, de acuerdo con las disposiciones del Protocolo ratificado, para prevenir la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres; por lo cual **la falta de regulación ante un potencial vertido de salmuera se contradice con el compromiso internacional realizado**, y al ser este un problema potencial para todas las regiones en que se instalen plantas desalinizadoras, es decir a **escala nacional**, es que extraña aún más que no se mencione en el plan de acción.

4.5 Convenio de Río sobre la Diversidad Biológica (CBD) - Necesidad de evaluación de impacto acumulativo

En la Cumbre de Río en 1992 se dio lugar a la Convención de Río sobre diversidad biológica (CBD), ratificada por 196 países, entre ellos, Chile, en 1994, y que marcó un antes y un después en temas de conservación de la biodiversidad.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica es el primer acuerdo mundial que **protege todos los aspectos de la biodiversidad, donde sus objetivos no van solo orientados a la Conservación de la Biodiversidad, sino también a su uso sustentable y a la repartición justa y equitativa de sus beneficios**. Su accionar se basa en una serie de lineamientos recomendados a los Estados Partes para implementar medidas ad hoc, entre las que se proponen la formulación de políticas, identificación de hábitats y especies críticas, establecimiento de áreas protegidas, regulación y seguimiento de las actividades allí desarrolladas (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, s.f).

Este Convenio, ahondando un poco más en el principio precautorio para la conservación de la biodiversidad, explicita en su Artículo 14 que:

Cada Parte Contratante, en la medida de lo posible y según proceda, **establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la evaluación del impacto ambiental de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica** con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos y, cuando proceda, permitirá la participación del público en esos procedimientos (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992, p.5).

Al ratificar, Chile se comprometió a evaluar el impacto ambiental de proyectos que puedan tener efectos relevantes para la diversidad biológica, mediante la creación de una institucionalidad ambiental. Bajo ese contexto se introduce un sistema de evaluación de impacto ambiental (el SEIA) y un estatuto de responsabilidad por daño ambiental (Lillo & Pérez, 2012). Ahora bien, **el SEIA** se centra principalmente en la evaluación de proyectos individuales, aunque ya está empezando a solicitar estudios de impactos acumulativos, aditivos y sinérgicos a los titulares. Ante esta situación, el más reciente Plan de Acción de Hidrógeno Verde, publicado en diciembre de 2023, busca corregir ciertos aspectos del SEIA en relación con la evaluación de proyectos de H2V (criterios técnicos de evaluación, dotación de personal y capacitación, y

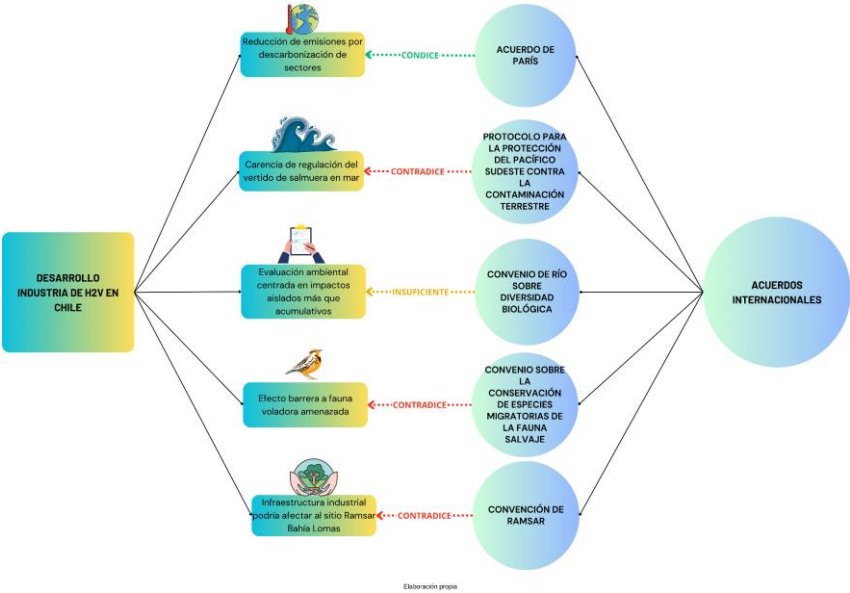
reforma a la LEY 19.300) (Ver Anexo 3), pero **estas medidas llegan tardíamente** a un escenario en que en Chile ya existen 64 proyectos públicamente anunciados, de los cuales hay 6 operativos (H2Chile, 2023).

De poco sirve la tecnología para determinar el impacto que tendrá el emplazamiento de grandes extensiones de aerogeneradores sobre aves migratorias en peligro en sitios ya elegidos, cuando el primer paso debiera ser la planificación territorial para determinar las áreas que generarían el menor impacto (Norambuena, Sandvig & Centro Bahía Lomas, 2024).

De esta afirmación se entiende la necesidad de observar implicancias territoriales amplias en vez de exclusivamente caso a caso, y de evaluar estas implicancias previo al emplazamiento de los proyectos en cuestión. En esta misma lógica, si bien cada proyecto de H2V individualmente pueda cumplir con los criterios establecidos, estos mismos criterios no necesariamente van a cumplirse al considerar el conjunto total de proyectos de H2V en una misma región. De manera que, **en teoría, sí se está siguiendo lo establecido en el CBD sobre evaluar proyectos con potencial impacto sobre la biodiversidad, más en la práctica las acciones llegan tarde y podrían ser insuficientes para efectivamente proteger la biodiversidad en las zonas implicadas.**

A pesar de la existencia de múltiples instituciones ambientales, aquí se menciona exclusivamente el **SEIA** **pues este es el órgano específico que nace del CBD**; y resulta un ejemplo interesante sobre la importancia de considerar las distintas escalas territoriales para evaluar el impacto acumulativo de la suma de proyectos individuales, así como la necesidad de conectar los distintos niveles de toma de decisiones, desde políticas hasta proyectos, pues **la sola evaluación de proyectos de por sí no basta para cumplir el objetivo de proteger todos los aspectos de la biodiversidad, sino que debe además trabajarse en niveles de decisión más amplios también.**

Interacción H2V y Acuerdos Internacionales



Bibliografía

- Ahrendt, C. (2023). Desalinizadoras: Un mar estéril para el futuro. *Endémico*. Recuperado de [Desalinizadoras: un mar estéril para el futuro - Revista Endémico \(endemico.org\)](https://endemico.org)
- Barberis, J. (1982). El concepto de tratado internacional. *Anuario Español de Derecho Internacional*, N° 6, 3-28. Recuperado de [El concepto de tratado internacional - Dialnet \(unirioja.es\)](https://unirioja.es)
- Bartlett, J. (2022). Chile apuesta al hidrógeno verde. Recuperado de [Chile apuesta al hidrógeno verde \(imf.org\)](https://imf.org)
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1981). Decreto 868 Promulga el Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre. Recuperado de [Ley Chile - Decreto 868 12-DIC-1981 MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](https://bcn.cl)
- Bitrán, D., Infante, P., Barros, C., & Otero, A. (2022) Biodiversidad, la gran deuda ambiental de Chile. Recuperado de [Biodiversidad, la gran deuda ambiental de Chile. Bitran et al., 2022 – DACC \(udec.cl\)](https://udec.cl)
- Cabaña, G. & Aedo, M. (22 de noviembre 2021). Hidrógeno... ¿verde?. *Centro de Investigación Periodística (CIPER)*. Recuperado de [Hidrógeno... ¿verde? - CIPER Chile](https://ciper.cl)
- Consejo Políticas de Infraestructura. (24 de febrero 2023). ¿Es el hidrógeno verde el futuro energético para Magallanes?. Recuperado de [¿Es el Hidrógeno Verde el futuro energético para Magallanes? - CPI \(infraestructurapublica.cl\)](https://cpi.cl)
- Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados. (23 de mayo de 1969). Viena. Recuperado de [Convención de Viena sobre Tratados.doc \(oas.org\)](https://oas.org)
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. (1971). Recuperada de [current convention s.pdf \(ramsar.org\)](https://ramsar.org)
- Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre (23 de julio de 1979). Recuperado de [Microsoft Word - Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de ... \(conaf.cl\)](https://conaf.cl)
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). Recuperado de cbd-es.pdf.
- Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas. (1971). Recuperado de [Ley Chile - Decreto 771 11-NOV-1981 MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](https://bcn.cl)
- Diario Financiero. (2023). Recuperado de [Inauguran primera Planta de Producción de Hidrógeno Verde de Chile y Latinoamérica \(youtube.com\)](https://youtube.com)
- Eguiguren, B. (2024). Clase Magistral Ministerio de Energía. Curso Relaciones Internacionales y Sector Energía (enero 2024). Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.
- Galdámez, L. (2017). Medio Ambiente, Constitución y Tratados en Chile. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 50(148), 113-144. Recuperado de [Medio ambiente, Constitución y tratados en Chile \(scielo.org.mx\)](https://scielo.org.mx)
- García, G., Jordano, J., Lozano, B. & Nogueira, A (coord.(s)). (2022). Observatorio de Políticas Ambientales 2022. Recuperado de [Observatorio de políticas ambientales 2022 - Dialnet \(unirioja.es\)](https://unirioja.es)
- Gobierno de Chile. (2023). Plan de Acción de Hidrógeno Verde 2023-2030. Recuperado de [Plan-H2V-Consulta.pdf \(planhidrogenoverde.cl\)](https://planhidrogenoverde.cl)
- H2Chile. (2023). Mapa de Proyectos. Recuperado de <https://h2chile.cl/>
- Hernández, L. (2004). Los tratados internacionales como base de la diplomacia mundial. *Revista de derecho: División de Ciencias Jurídicas de la Universidad del Norte*, N° 22, 65-95. Recuperado de [Los tratados internacionales como base de la diplomacia mundial - Dialnet \(unirioja.es\)](https://unirioja.es)

- Hurwitz, Z., Bujak, N., Tapia, M., Daza, E., & Gischler, C. (2023). Aspectos clave para gestionar los riesgos ambientales y sociales del hidrógeno verde. Recuperado de [Aspectos clave para gestionar los riesgos ambientales y sociales del hidrógeno verde - Sostenibilidad \(iadb.org\)](#)
- Lillo, D. & Pérez, N. (2012). *Tratados internacionales ambientales: un análisis de eficacia en el derecho interno*. (Tesis de pregrado de Universidad de Chile). Recuperado de [Tratados internacionales ambientales: un análisis de eficacia en el derecho interno \(uchile.cl\)](#)
- Luna, D. (21 de julio 2023). Sacrificios del hidrógeno verde. *El País*. Recuperado de [Sacrificios del hidrógeno verde | EL PAÍS Chile \(elpais.com\)](#)
- Luna, D. (22 de diciembre 2023). Columna de opinión: Hidrógeno verde, una apuesta de alto riesgo. *Ladera Sur*. Recuperado de [Columna de opinión: Hidrógeno verde, una apuesta de alto riesgo | Ladera Sur](#)
- Mena, M. (2020). En Gubinelli, G. (2020). Mena sobre la estrategia de hidrógeno: "Hay consenso político y técnico de que éste es el camino a seguir". *Energía Estratégica*. Recuperado de [Mena sobre la estrategia de hidrógeno: "Hay consenso político y técnico de que éste es el camino a seguir" - Energía Estratégica \(energiaestrategica.com\)](#)
- Ministerio de Agricultura de Chile. (s.f). Conservación de Humedales. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [CONAF](#)
- Ministerio de Energía de Chile. (2020). Estrategia Nacional Hidrógeno Verde. Recuperado de [estrategia nacional de hidrogeno verde-chile.pdf \(energia.gob.cl\)](#)
- Ministerio de Energía de Chile. (2021). ¿Qué es el Hidrógeno Verde?. Recuperado de [¿Qué es el hidrógeno verde? | Ministerio de Energía \(energia.gob.cl\)](#)
- Ministerio de Energía. (2023). Masiva participación magallánica tuvo Audiencia Inicial para el diseño del Plan de Acción Hidrógeno Verde 2023 - 2030. Recuperado de [Masiva participación magallánica tuvo Audiencia Inicial para el diseño del Plan de Acción Hidrógeno Verde 2023 - 2030 | Ministerio de Energía \(energia.gob.cl\)](#)
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile. (s.f). Cauquén Colorado. Recuperado de [Microsoft Word - FICHA Web CanquenColorado.doc \(mma.gob.cl\)](#)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. (s.f). Convenio de Ramsar, Lista Ramsar y aportación española. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [Convenio de Ramsar, Lista Ramsar y aportación española \(miteco.gob.es\)](#)
- Montes, A. & Molina, D. (2016). Calentamiento global; de los tratados internacionales a la política pública. VIII Congreso de Relaciones Internacionales. La Plata. Recuperado de [Calentamiento global; de los tratados internacionales a la política pública \(unlp.edu.ar\)](#)
- Naciones Unidas. (s.f). El Acuerdo de París. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [El Acuerdo de París | Naciones Unidas](#)
- Norambuena, H., Sandvig, E., & Centro Bahía Lomas. (2024). Migración de aves en Magallanes vs. Industria de Hidrógeno Verde: Evaluación Ambiental de alta complejidad. Recuperado de [Migración de aves en Magallanes vs. industria de hidrógeno verde: Evaluación ambiental de alta complejidad - H2news](#)
- Nuevo, D. (2020). La salmuera en el vertido de desaladoras. Recuperado de [vertido de salmuera en desaladoras | Formación de ingenieros \(tecpa.es\)](#)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f). Base de datos FAOLEX. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres. | FAOLEX](#)
- Protocolo para la Protección del Pacífico Sudeste contra la Contaminación Proveniente de Fuentes Terrestres. (22 de julio de 1983). Recuperado de [Microsoft Word - PROTOCOLO PARA PROTECCI\323N DEL](#)

[PAC\315FICO SUDESTE CONTRA LA CONTAMINACI\323N PROVENIENTE DE FUENTES TERRESTRES.doc\) \(dimar.mil.co\)](#)

Ramsar Sites Information Service. (s.f). Annotated List of Wetlands of International Importance Chile. Recuperado de [Ramsar-Sites-annotated-summary-Chile.pdf](#)

Rojas, V. (2002).El Derecho Internacional Público del Medio Ambiente al Inicio del Siglo XXI. *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, vol. II, pp. 335-371. Recuperado de [Vista de El derecho internacional público del medio ambiente al inicio del siglo XXI \(unam.mx\)](#)

Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. (s.f). Convención de Especies Migratorias. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [Convención de Especies Migratorias - CMS - SUBPESCA. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura](#)

Subsecretaria de Pesca y Acuicultura. (s.f). Convención sobre Diversidad Biológica - CBD. Recuperado el 01 de febrero 2024 de [Convención sobre Diversidad Biológica - CBD - SUBPESCA. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura](#)

World Energy Trade. (2021). Ventajas y desventajas del hidrógeno verde. Recuperado de [Ventajas y desventajas del hidrógeno verde - World Energy Trade](#)