

Informe País  
Estado del medio ambiente  
y del patrimonio natural:  
**ENERGÍA**

E



FACULTAD DE  
**GOBIERNO**  
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANALISIS  
DE POLÍTICAS  
PÚBLICAS

Santiago de Chile  
Junio 2023

Informe País  
Estado del medio ambiente  
y del patrimonio natural:  
**ENERGÍA**

**Autor:**

José Leal Rodríguez

Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP),  
Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.



FACULTAD DE  
**GOBIERNO**  
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS  
DE POLÍTICAS  
PÚBLICAS

Santiago de Chile  
Junio 2023

#### **DIRECCIÓN**

**Director Sergio Galilea O.**

Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

#### **EDICIÓN**

**Gustavo Orrego M.**

Universidad de Chile, Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP)

### **SEGUNDA PARTE: ESTADO DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL PATRIMONIO NATURAL**

#### **Capítulo 9. ENERGÍA**

José Leal, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, CAPP

---

**Coordinación: Francisco Brzović (Q.E.P.D.) y Gustavo Orrego**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

**Diseño y Diagramación: Alejandro Peredo**, Universidad de Chile-Facultad de Gobierno, Centro de Análisis de Políticas Públicas.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>4</b>
<b>PREFACIO</b>	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>7</b>
<b>9. ENERGÍA</b>	<b>9</b>
9.1. RESUMEN	9
9.2. INTRODUCCIÓN	11
9.3. MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL	15
9.3.1. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES	17
ENERGÍA SOLAR	21
9.4.1. Iniciativas Privadas (proyectos)	23
9.4.2. Proyectos en Funcionamiento	23
9.4.3. Proyectos en construcción	24
9.4.4. Marco internacional	25
9.4.5. Dimensión territorial	26
9.5. ENERGÍA EÓLICA	26
9.5.1. Parques de Energía Eólica en desarrollo en el país	27
9.5.2. Principales nuevos proyectos de Energía Eólica en el país	28
9.5.3. Regulaciones relacionadas al desarrollo de proyectos de Energía Eólica	29
9.6. HIDRÓGENO VERDE	35
9.6.1. La propuesta gubernamental	37
9.6.2. Proyectos	38
9.6.3. Visión internacional	39
9.6.4. La realidad de la disponibilidad de energía verde	41
9.7. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES DE USO MENOR	44
9.7.1. Geotermia	44
9.7.2. Energía olamotriz (undimotriz)	45
9.7.3. Energía mareomotriz	46
9.8. ENERGÍAS RENOVABLES CONVENCIONALES (ERC)	46
9.9. ENERGÍAS FÓSILES	47
9.10. EL CAMINO HACIA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA SUSTENTABLE	48
9.11. Conclusiones generales	49
9.12. BIBLIOGRAFÍA	51

## PREFACIO

La Universidad de Chile, a través del Centro de Análisis de Políticas Públicas del Instituto de Asuntos Públicos (actual Facultad de Gobierno) elaboró el “Informe País: Estado del Medio Ambiente 1999”. A este primer trabajo se sumaron los de 2002, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018 y 2022 que aquí se presenta. En todos estos informes se aplicó la metodología del “Panorama Global del Medio Ambiente” (Global Environmental Outlook, GEO) del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, elaborado para analizar la situación ambiental a niveles mundial, latinoamericano, nacional, local, y de temas específicos. Es importante destacar que la Universidad de Chile como institución, y a través de contribuciones de sus académicos, ha estado permanentemente colaborando con estas iniciativas.

La metodología señalada se basa en el análisis de la problemática ambiental a través del enfoque presión-estado-respuesta, privilegiando siempre la relación sociedad-naturaleza, desde la perspectiva de los bienes de la naturaleza. En este contexto, los informes tienen el mérito de no sólo analizar los recursos naturales sino aquellos bienes de la naturaleza que no están en los circuitos económicos.

La experiencia obtenida a través de estos 23 años, y la reconocida objetividad de sus enfoques, sirvió para que varios de estos informes sean reconocidos como GEO-Chile por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Además, sus aportes y el de alguno de sus académicos sirvieron para la elaboración de los GEO-América Latina y GEO-Mundial, donde la Universidad de Chile aparece en sus publicaciones como organismo colaborador.

Los 8 informes han tenido la misma metodología, respetándose la estructura global y las correspondientes a cada capítulo. El Informe está dividido en tres partes, siendo la segunda parte la medular y la que abarca más del 90% del texto. La Primera Parte es una introducción donde se analizan las macropresiones globales sobre el país que condicionan la situación ambiental: el crecimiento económico, la población y el desarrollo social, y la macropresión física mundial, el cambio climático.

La Segunda Parte es la que, siguiendo la metodología GEO, expone el estado del medio ambiente, desagregado en los capítulos: Aire, Aguas Continentales, Bosques Nativos, Biodiversidad, Ecosistemas Marinos y del Borde Costero, y Minerales e Hidrocarburos. A estos capítulos se suman otros tres que abordan temáticas que son importantes para el país: Asentamientos Humanos, Degradación de las Tierras y Energía. Además, para este informe se resalta la incorporación de un capítulo de Desastres Socionaturales, en el que se realiza una cuantificación de estos eventos por tipo y se resalta el vínculo que poseen con el cambio climático.

La Tercera Parte trata de las políticas e instrumentos para la gestión ambiental donde se presenta el panorama de la gestión ambiental, incorporando en esta ocasión un análisis de la gestión ambiental a nivel regional y local.

En la Cuarta Parte se entrega una propuesta de cambio estructural para dar paso a un nuevo modelo de desarrollo basado en una alta sustentabilidad ambiental, que toma en cuenta los resultados obtenidos en la primera parte (macropresiones), segunda (estado por bien de la naturaleza), y tercera (respuestas estatales).

Finalmente, se destaca que los resultados de este octavo Informe País utilizan como insumo los resultados de la consultoría realizada por Sergio Galilea, académico y director del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas sobre “Cambios substantivos al estilo de desarrollo chileno para generar un gran impulso a la sostenibilidad”, la cual se encuentra en proceso de publicación. **Sin embargo, las opiniones aquí expresadas no representan necesariamente a CEPAL ni a sus Estados miembros.**

## AGRADECIMIENTOS

### AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES:

A las siguientes instituciones que contribuyeron al financiamiento de una o más versiones del informe a lo largo de estos 20 años:

- **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas**
- **Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM), Chile**
- **Fundación Heinrich Böll, Cono Sur.**
- **Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Chile.**
- **Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)**
- **Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)- Programa GEO**
- **Ministerio del Medio Ambiente, Chile**

### AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A los siguientes académicos y funcionarios, que a través de sus autorías contribuyeron a perfeccionar las metodologías utilizadas para posibilitar el análisis de la evolución del medio ambiente chileno.

A Alfredo Muñoz, Daslav Ursic, Paz Araya, Carla Lanyon, Sebastián Alvarez, José Leal.

### AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A **Francisco Brzović (Q.E.P.D.)**, por su dirección de la Tercera Parte en 7 Informes y por su trabajo coordinando este 8 Informe.

A **Jimena Orellana Torres (Q.E.P.D.)**, Secretaria y Asistente de 7 informes. Por su entrega, dedicación y esfuerzo.

### RECONOCIMIENTOS

Además de las colaboraciones significativas señaladas en las autorías del presente informe, contribuyeron a la elaboración de las 8 versiones del “Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile” destacados investigadores y facultades y/o unidades de esta universidad de las que se obtuvieron antecedentes y/o recibieron aportes intelectuales. Entre ellas: Facultad de Ciencias Agronómicas, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina, Centro de Derecho Ambiental de la Facultad de Leyes, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Pecuarias, Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias Sociales,

y Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA). Además de los aportes señalados, contribuyeron importantes investigadores de: Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica, Universidad de Talca, Universidad de Concepción, Universidad de Magallanes, Universidad de La Serena y Universidad de Valparaíso.

Hubo colaboraciones de numerosos organismos del Estado, entre los que se puede destacar: Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Pública, Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante (DIRECTEMAR), de la Armada, Subsecretaría de Pesca del Ministerio de Economía, Oficina de Estudios y Planeación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Ministerio de Salud, Instituto Forestal (IFOP), Corporación Nacional Forestal (CONAF) del Ministerio de Agricultura, División de Conservación de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), y Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).

También contribuyeron organismos no gubernamentales ambientales, como Instituto de Ecología Política (IEP), Programa Chile Sustentable, Greenpeace Pacífico Sur, Fundación Terram, Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), Comité de Defensa de la Fauna y de la Flora (CODEF), e Iniciativa de Defensa Ecológica Austral (IDDEA).

## 9. ENERGÍA

**Autor:** José Leal<sup>1</sup>.

### 9.1. RESUMEN

---

En este capítulo se busca caracterizar la problemática energética-ambiental sobre la base de los siguientes aspectos: la matriz energética nacional, que nos da la composición de las fuentes de energía que estamos utilizando y por lo tanto los efectos ambientales que de ellas pueden esperarse; la presencia de las energías renovables no convencionales (ENRC), una tendencia mundial promovida por Estados Unidos y los países de la Unión Europea para ser privilegiada en la lucha contra el cambio climático, en especial la energía solar directa y la energía eólica, aunque hay otras; la producción de hidrógeno verde como combustible alternativo, a ser derivado por medio de ENRC; las energías renovables convencionales (ERC), en concreto la biomasa (madera y desechos orgánicos) y la energía hidráulica; y las energías fósiles (petróleo, gas natural, carbón).

De este compleja y cambiante matriz resulta una componente del estado del medio ambiente; y debe salir una política energética que permita, por un lado, responder a las necesidades energética del país, su población y sus sectores productivos, a la vez contribuir a la sustentabilidad ambiental.

Respecto de la **matriz energética nacional**, la información disponible al 2021 nos muestra que las ENRC (solar y eólica) aportan en la actualidad con un 3% de la matriz energética primaria; las ERC aportan un 23% con la combustión de biomasa y un 5% con la hidroelectricidad; la energía fósil es un 68% (petróleo crudo 30%, carbón 22%, gas natural 16%). Respecto del sistema eléctrico nacional: la mitad son renovables y la mitad fósiles.

Un alcance respecto de las **ENRC**. Ha habido modestos avances, de ser menos de 1% en 2017 al 3% actual de la matriz energética primaria. El gobierno anterior anunció inversiones significativas en los rubros energía solar y eólica, pero no es posible verificar aun si van a concretarse por la coyuntura política actual, nacional. También porque la guerra Rusia-Ucrania ha significado un retroceso del tema en los países europeos, que han debido reactivar el uso del carbón como fuente energética. Rusia ha formulado con crudeza sus dudas respecto del cambio climático y el esfuerzo interesado por impulsar las ENRC, dentro de su lucha comunicacional con Estados Unidos y la UE.

---

<sup>1</sup> Investigador, Centro de Análisis de Políticas Públicas (CAPP), Facultad de Gobierno, Universidad de Chile.

El gobierno de Estados Unidos ha anunciado programas de incentivo a las ERNC, lo que tendría un potencial efecto positivo en Chile. Sin embargo, se está produciendo un problema coyuntural en Chile de insolvencia de empresas dedicadas a las ERNC, así como exigencias de parte de las nuevas autoridades ambientales, que han formulado objeciones a ciertos proyectos regionales por sus impactos, en particular en el rubro energía eólica.

En cualquier caso, están apareciendo nuevas propuestas que hacen vislumbrar un panorama futuro más expectante. Es una situación de inestabilidad que hace que sea difícil prever cuál va a ser la realidad de este esfuerzo de búsqueda de alternativas energéticas más limpias, por encima de los deseos o consignas.

En relación a las **ERC**, la biomasa tiene un déficit importante en materia de sustentabilidad, su uso en calefacción ha expandido el problema de contaminación urbana a otras ciudades del país, por lo que se le ha cuestionado. En este marco, está vigente la preocupación por bosques y matorrales, que pueden ser afectados por el abuso en la utilización de biomasa para la producción de pellets, por ejemplo. En todo caso, hay otras formas sustentables de aprovechar la biomasa remanente (cogeneración); de todos modos, sigue siendo el enemigo principal de la calidad ambiental en muchas ciudades del sur de Chile.

La **gran hidroeléctrica**, por su parte, tiene impactos ambientales mayores, está descartada en muchos países por el momento. Es larga la lista de proyectos que en Chile han sido desechados por estas razones fundamentales, aunque también ha tenido influencia la lucha por los mercados entre los productores y distribuidores de energía. La pequeña hidroeléctrica por sus menores impactos, es una opción de ERC.

Entrando a las **fuentes de energía fósiles**, fundamentalmente petróleo, gas natural y carbón, es en ellas donde se dan los mayores impactos ambientales (contaminación del aire). Además, contribuyen al calentamiento global y el cambio climático. Pues son y han sido materia principal de la política ambiental tradicional para mitigar la contaminación, desde sus inicios. Su disminución contribuye a aminorar la “huella de carbono”, indicador de sustentabilidad ligada al calentamiento global, que se ha transformado en un “*trending topic*” en el medio empresarial.

En relación a la **eficiencia energética**, se trata de una política pública de larga data, que es compartida por los sectores privados debido a sus implicancias financieras, sobre todo. Tiene por ahora aplicación limitada como estrategia gubernamental: luminarias, algunos equipos electrónicos y transporte. Sin embargo, tiene potencial para ampliarse en la medida que se vaya pasando a

fuentes de energía menos degradantes del medio ambiente. Los instrumentos de fomento y los acuerdos de PL (sectoriales, regionales) pueden jugar un rol.

En este marco, **las orientaciones de la política energética sustentable** podrían ser: buscar formas de introducir mayor presencia de ERNC (solar, eólica, otras); hacer más sustentables las ERC (renovables convencionales): biomasa + hidráulica; reducir el uso de energía fósil (petróleo y derivados + carbón), tanto por sus impactos ambientales como por su contribución al calentamiento global (cambio climático); y, por último, promover la eficiencia energética en los sectores productivos y la población. Por el momento no se vislumbra espacio para grandes transformaciones en el corto plazo, que requieren de mucho tiempo de maduración y las correspondientes inversiones. Todo esto debe ser visto buscando coherencia con la Agenda de Energía 2022-26.

Este capítulo del Informe País da noticia de la continuidad que ha tenido el desarrollo del tema, con algunos atisbos favorables en materia de ERNC, pero las condiciones vigentes de la crisis mundial –sobre todo sanitaria, financiera y energética– hacen que, por una parte, el monitoreo del contexto global sea clave al momento de impulsar políticas; y por otro no olvidar que tanto la producción como la distribución de energía en Chile están en manos privadas, un sector altamente competitivo.

## 9.2. INTRODUCCIÓN

---

La cuestión energética, además del aspecto estratégico que significa para cada país, es una materia de la más alta relevancia cuando se trata del tema de la calidad ambiental. Esto tanto por los impactos ambientales que hay detrás de las opciones energéticas que cada país adopta, así como por las conexiones más allá de las fronteras que subyacen tras el perfil energético del país. Es algo que condiciona a un país más de lo que se conoce, sobre todo cuando hay dependencia de las importaciones. Por otro lado, no hay correspondencia regional en América Latina, el perfil energético de cada país es propio, no existe una forma idéntica de afrontar el tema energético. Y las consecuencias para el medio ambiente son también dispares.

El tema energético constituye entonces uno de los más relevantes al momento de plantearse un modelo de desarrollo que conduzca a una mayor sustentabilidad ambiental del país. Fundamentalmente, porque la opción al utilizar la energía necesaria para el crecimiento económico y la mejora del bienestar social, a través de los procesos productivos relevantes, no es ajena a los efectos sobre el medio

ambiente en un estadio preciso del desarrollo. Como ha sido en la historia de la humanidad, y lo sigue siendo hasta el presente, las variantes energéticas elegidas, o adoptadas, por un país, territorio o continente, descontados los eventos naturales imponderables, son una causa principal de un medio ambiente de mayor o menor calidad.

El uso intensivo de la biomasa boscosa para uso energéticos ha transformado territorios alguna vez fértiles en verdaderos desiertos, en conformidad de degradar los suelos y las cuencas hidrográficas. El uso masivo de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, ha generado una contaminación atmosférica global que ha obligado a costosas acciones paliativas, que nunca terminan por llegar a resultados satisfactorios. Esto en términos de provocar daños a la ecología en torno a los yacimientos y el trayecto de los gasoductos, y en la salud en los hogares. La energía nuclear por su parte, no ha logrado tampoco deshacerse del fantasma de los accidentes, y la energía hidroeléctrica sigue siendo un tabú en muchas regiones por sus daños ambientales, poblacionales y culturales.

Los datos que siguen muestran la situación de la energía primaria en Chile, o sea aquella que entra directamente a la matriz energética, desde la naturaleza (el medio ambiente), para ser transformada en energía útil en los procesos productivos, el desarrollo y el bienestar social.

Según cifras de septiembre 2021, provenientes del Ministerio de Energía, las energías renovables no convencionales (ERNC: solar directa y eólica) aportan un 3% de la matriz energética primaria. Las energías renovables convencionales (ERC: biomasa e hidroelectricidad), contribuyen con un 23% y un 5% respectivamente. Las energías fósiles constituyen el 68% (petróleo crudo 30%, carbón 22%, gas natural 16%) (García, 2021).

Respecto de la energía destinada a la generación de electricidad, más o menos la mitad corresponde a renovables (ERNC y ERC) y la otra mitad a fósiles. Siendo opciones competitivas, en muchos casos hay un tema de precios relativos que condiciona su participación relativa en el mercado. Ha habido importantes variaciones recientes en este rubro que se señalan más adelante.

Cada una de estas fuentes tiene impactos ambientales diferentes a nivel nacional, e implicancias internacionales si consideramos el tema del calentamiento global (cambio climático, o crisis climática como se le llamó en la propuesta de

constitución). De allí que los cambios en este perfil energético pueden significar rumbos importantes en el futuro del medio ambiente en el país. ¿Qué se debe hacer?

Cabe señalar que una de las propuestas en la nueva constitución (PNC) releva la educación pública como eje de su concepto educacional, sin mención de las potenciales iniciativas privadas tradicionales. Dentro de sus principios señala: “El Estado garantiza una educación ambiental que fortalezca la preservación, la conservación y los cuidados requeridos respecto al medioambiente y la naturaleza, y que permita formar conciencia ecológica” (Art. 39 de la PNC, 2002).

Sin duda es un elemento importante, que se podría transformar en un precepto constitucional que no debería ser soslayado por las autoridades públicas educacionales (y los prestadores privados, de existir) para no abandonar la educación ambiental, que tuvo algún auge en los primeros gobiernos democráticos y después perdió momento. Esto debe incluir la temática de la energía, que como se ha dicho tiene implicancias ambientales diferenciadas.

Al respecto y más específicamente se planteaba en el PNC: “El Estado regula y fomenta una matriz energética distribuida, descentralizada y diversificada, basada en energías renovables y de bajo impacto ambiental” (Art. 59, inciso 3 de la PNC, 2022). Claramente aquí se formula una opción que es radicalmente diferente de la que ha sido la evolución inducida de la matriz energética nacional. Una revisión histórica muestra una débil tendencia a ampliar la oferta de ERNC, aunque existen a la fecha importantes iniciativas de inversión [privada] en el tema, sobre todo heredadas del gobierno anterior y motivadas por un contexto internacional favorable. Las ERC, sobre todo la biomasa por sus efectos contaminantes, y también la hidroeléctrica, (que tocaría intereses territoriales indígenas), deberían mejorar su comportamiento en el tema para lograr un “bajo impacto ambiental”.

Respecto de las energías fósiles, consideradas en general sucias, contaminantes y responsables del calentamiento global, no parecían tener mención directa en el PNC. Esto a pesar del peso que tienen en la matriz energética nacional. En todo caso, han ido perdiendo algún espacio (muchas inversiones sobre todo en carbón han sido rechazadas), pero siguen siendo altamente mayoritarias, en parte en desmedro de la hidroeléctrica (varios proyectos importantes fueron desechados en décadas anteriores, sobre todo en Aysén y Magallanes). Como dato de la causa, las energías fósiles siguen siendo centrales en la política energética. Por

ejemplo, dos iniciativas importantes del actual gobierno tienen a las energías fósiles como protagonistas: la producción de parafina (kerosene) a bajo precio por parte de la empresa estatal (ENAP), con fines sociales; y los acuerdos con Argentina para retomar la distribución en Chile de gas natural transandino. Cabe recordar que el gas natural licuado sigue siendo importante para ciertos sectores productivos que lo utilizan en sus procesos desde que la normativa de emisiones les hizo cambiar su perfil energético.

El PNC planteaba, por otra parte, un elemento estratégico en materia de energía que no puede ser desestimado: “La infraestructura energética es de interés público” (Art. 59, inciso 4 de la PNC, 2022). Es necesario avanzar en el significado específico de esta proposición, que seguramente debería ser materia de leyes y reglamentos. Sin embargo, es importante señalar que hoy en día la producción y distribución de energía está en manos privadas, y por ende, lo están las instalaciones e inversiones para apoyar esos procesos. Hay aquí un cambio radical que debería ser tenido en cuenta, al menos por dos razones: la necesidad de darle continuidad a la operación de la energía en el país, para el proceso de desarrollo; y la capacidad de lobby del poderoso sector empresarial privado en el rubro energía, que puede encontrar maneras de asimilar un precepto constitucional de este cariz. El concepto “interés público” es de interpretación diversa y no significa necesariamente el paso a una propiedad estatal de la infraestructura energética.

Finalmente, el PNC expresaba: “El Estado fomenta y protege las empresas cooperativas de energía y el autoconsumo” (Art. 59, inciso 5 de la PNC, 2022). Un formato importante a desarrollar, por cuanto refuerza el esfuerzo de impulsar las ERNC, que tiene una expresión sobre todo a nivel local. Por ejemplo, el fervor con que se habla del Hidrógeno Verde, que se produciría a partir de ERNC. Esto significa cantidades ingentes de generación de energía limpia, lo que va a depender de su disponibilidad. Así es el caso de Magallanes, donde se necesita un espacio territorial significativo para instalar las granjas eólicas (descartada la solar en esa región), materia también de inversiones (compra de terrenos, instalaciones, tecnología, etc.). Esto sin contar el uso futuro del Hidrógeno Verde (un insumo, no un producto final), que puede estar destinado a actividades productivas no necesariamente compatibles con la sustentabilidad global, como es el caso del diésel para maquinarias y el amoníaco como insumo de la industria química.

Vale anotar que hay que tener en cuenta otro precepto que señalaba el PNC: “Son bienes comunes naturales el mar territorial y su fondo marino; las playas; las aguas, glaciares y humedales; los campos geotérmicos; el aire y la atmósfera; la alta montaña, las áreas protegidas y los bosques nativos; el subsuelo, y los demás que declaren la Constitución y la ley” (Art. 134, inciso 2 de la PNC, 2022). La energía está en todas las componentes del medio ambiente señaladas allí.

Aun cuando la ciudadanía rechazó en forma categórica el PNC, por diversas razones no necesariamente complementarias, en estas materias hay elementos rescatables ya que el planeta, y por lo tanto nuestro país, debe transitar hacia una reformulación energética; ésta tendrá avances y retrocesos durante las próximas décadas, pero la amenaza de un colapso ambiental por causa del cambio climático (calentamiento global en algunas regiones, enfriamiento global en otras) llamará sin duda a acciones, de carácter global. Todo esto conforma el estado del medio ambiente en la actualidad, donde el tema la energía juega un rol fundamental.

### 9.3. MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

---

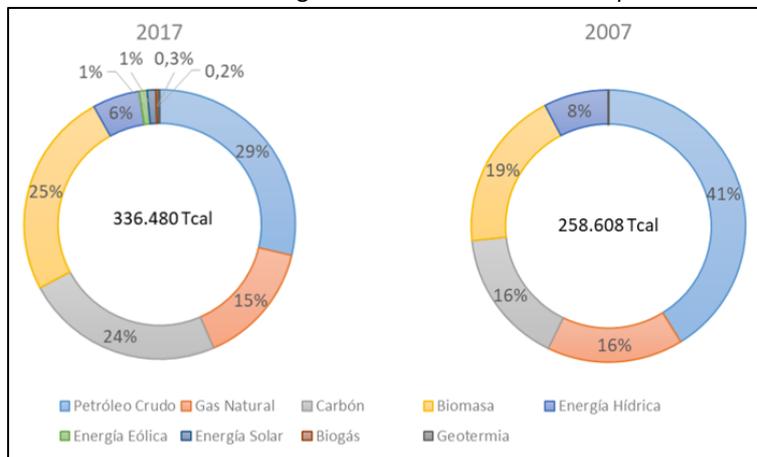
Como se ha señalado, la matriz energética primaria de Chile se componía al 2021 de 68% de combustibles fósiles: petróleo crudo (30%), carbón (22%) y en menor medida gas natural (16%). A estos le sigue el uso de biomasa en un 23%, lo que responde a la presencia del uso de leña en calefacción residencial y de subproductos orgánicos de procesos industriales como combustible para autogeneración eléctrica. Finalmente, se encuentran fuentes renovables como lo son la hidroeléctrica (5%), eólica y solar (3%), y en menor medida el biogás y la energía geotérmica (ambas menores al 1%).

Las cifras difieren según las fuentes, es un mercado sumamente competitivo: “La matriz eléctrica tiene al carbón como su fuente primaria con un 41% del total, seguido por la biomasa (26%), el gas natural (15%), energía hídrica (11%) y la energía eólica y solar, ambos con un 3% “(Energía Abierta, 2021).

Esto se debe a su disponibilidad relativa en los mercados y un relativamente bajo costo del cuestionado carbón como combustible para producción de energía eléctrica, procesos industriales, transporte y calefacción residencial. O sea que las fuentes de energía no convencionales (ERNC), han subido del 1% de la matriz energética en 2017, según los datos del Informe País 2019, al 3% en 2021. En

general hay coincidencia en esta cifra de baja presencia de las ERNC (**Ver Figura 9.1**).

**Figura 9.1.** Evolución Matriz Energética Primaria de Chile. Comparación 2007-2017.



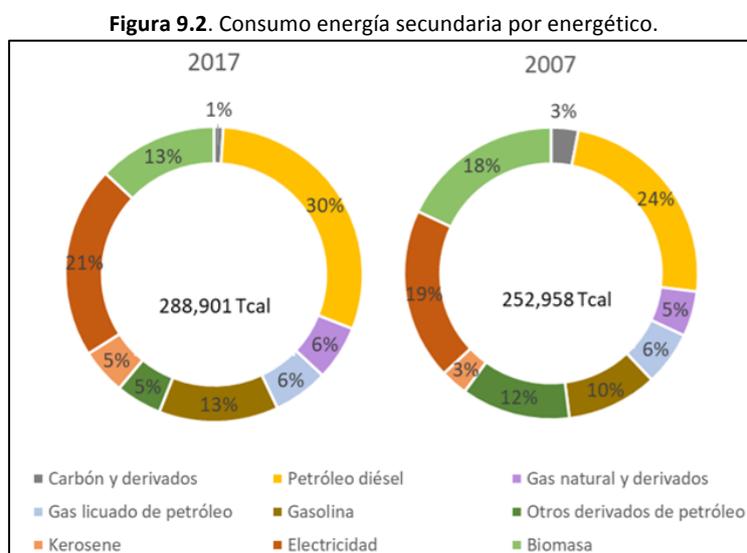
Fuente: Centro de Análisis de Políticas Públicas, 2018.

Para visualizar la evolución de la base de sustentación de la energía en Chile, de acuerdo al Anuario Estadístico 2019 de la Comisión Nacional de Energía, la composición de la matriz primaria energética del país elevó la contribución de las ERNC desde 2016 a poco más de 2% al 2018. Se esperaba algún aumento a la fecha según el Ministerio de Energía, dadas las nuevas inversiones, aunque aún no se manifiestan ni se evalúa el efecto pandemia. De modo que por el momento es una contribución bastante magra con el 3% señalado. Según el Ministerio de Energía (2021), una importante cantidad de proyectos, previstos en funcionamiento al 2022, ampliarían notablemente la disponibilidad de fuentes renovables.

El Informe País 2018 señalaba que la matriz energética secundaria, aquella que muestra la participación de cada energético en el consumo final de energía, cobrando relevancia los derivados del petróleo y la electricidad, utilizados para el desarrollo de todo tipo de actividades industriales tanto como para la vida cotidiana en ciudades y pueblos ya sea en iluminación, calefacción, transporte, etc., se ha mantenido relativamente estable.

En términos de composición, como se puede observar en la **Figura 9.2**, la matriz energética secundaria de Chile en el año 2017 se compone principalmente de la producción de petróleo Diésel (30%) seguido de electricidad (21%), luego gasolina y biomasa (ambas con un 13%). A estos le siguen una variedad de energéticos en menor cantidad, estos son: gas natural (6%), gas licuado de petróleo (6%),

kerosene (5%), otros derivados del petróleo (5%) y finalmente carbón y derivados (1%).



### 9.3.1. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

Como se señaló, las ERNC aportan (informe septiembre 2021) un 3% de la matriz energética primaria. La biomasa 23% e hidroelectricidad 5%. Las fuentes fósiles 68% (Petróleo crudo 30%, Carbón 22%, gas natural 16%). La capacidad sistema eléctrico es más o menos mitad y mitad renovables y fósiles (García, 2021a).

En cuanto al consumo final, según el Anuario Estadístico de Energía 2018, la demanda presenta una preponderancia del sector industrial y minero con una participación del 39%, seguida del transporte con un 36%, mientras que los sectores comercial, público y residencial, en su conjunto, demandan un 22% de la oferta de energía. La composición del consumo final de energía ha presentado pocas variaciones en los últimos quince años.

No obstante, se constata una tendencia al desarrollo de proyectos de ERNC, principalmente solar fotovoltaica, en las regiones del norte, centro y centro sur del país. La energía eólica está representada por diez proyectos: cuatro en la Región del Bío Bío, tres en las regiones de Los Lagos, Araucanía y Magallanes y dos de mayor potencia en la Región de Atacama. En cuanto a de proyectos hidroeléctricos, había dieciocho declarados en construcción en la zona centro y sur del país en el Informe País 2018. Frente a esto, según el informe señalado, había una docena de proyectos con fuente energética petróleo que se distribuyen

a lo largo del país, concentrándose los de mayor tamaño en la región de Atacama y Coquimbo.

Actualizando, un total de **166 proyectos ERNC se encuentran en construcción en el país, al iniciarse 2022**, sumando 4.473 MW de capacidad instalada a incorporar en el Sistema Eléctrico Nacional, que entrarían en operación a diciembre de 2023, según indica el reporte sectorial de la Comisión Nacional de Energía (CNE). De este total, un 80% de las iniciativas son centrales solares fotovoltaicas, que acumulan 3.572 MW, seguida de 15% de parques eólicos (696 MW), minicentrales hidroeléctricas (166 MW) y biomasa (166 MW) (ACERA, 2022). Claramente una evolución impresionante en materia de ERNC.

Los impactos ambientales asociados a proyectos de generación de electricidad atañen al uso de recursos naturales y la afectación de los ecosistemas en el área de influencia. Para lograr identificar estos impactos ambientales existen guías para la evaluación de impacto ambiental de centrales energéticas. Al respecto, se han identificado los siguientes grupos de impactos: atmósfera (aumento en la concentración ambiental de material particulado y gases, así como aumento en los niveles de ruido y vibraciones); suelo (cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas, activación de procesos erosivos o erosión, compactación y pérdida, afectación de usos); flora (pérdida de individuos, pérdida de una comunidad de flora o vegetación, modificación o pérdida de hábitat); fauna (pérdida de individuos, perturbación, modificación o pérdida de hábitat); agua (cambio de propiedades físicas, químicas y microbiológicas, alteración en la escorrentía superficial; paisaje (pérdida de atributos biofísicos del paisaje, intrusión visual, modificación de atributos estéticos, afectación de la oferta de servicios turísticos); población (desplazamiento de población local, alteración del patrimonio arqueológico).

Los principales impactos de las centrales termoeléctricas en Chile son principalmente el uso de agua de mar y borde costero para el proceso de enfriamiento, así como la emisión de residuos sólidos y gases de la combustión del carbón. Para ellos también existen profundas guías e instancias de capacitación que deben ir principalmente a los promotores de proyectos, ya que el sistema chileno no contempla exigencias de metodología, sino que ello queda al arbitrio de los proponentes en la medida que se cumpla con la normativa vigente o se mitiguen los impactos.

En otras palabras, existe un *know-how* disponible y aplicable para enfrentar tales situaciones. Posiblemente un aporte constitucional sería exigir que la legislación ambiental vigente, con sus leyes, reglamentos, instructivos, resoluciones y el resto, sean efectivamente aplicadas. Es decir, ir más allá de lo que actualmente se formula escuetamente en la constitución vigente como el “derecho a un medio ambiente libre de contaminación”.

En relación con lo anterior existe una dimensión de conflictos que derivan de percepciones diferentes de los actores sociales en relación a los factores económicos, sociales y ambientales de los proyectos. De allí la existencia de las llamadas “zonas de sacrificio”. Para ello es necesario, se plantea en el Informe País 2018 y se reitera, que los procedimientos para la toma de decisiones ambientales sean considerados legítimos. Esto exige contar con espacios de participación eficaz sobre aquellas materias que afectan directamente a las personas; y todo ello dentro de una cultura política que favorezca el diálogo y las soluciones colaborativas. Diversas fuentes levantan una importante serie de conflictos ambientales que, en algunos casos, siguen estando en la agenda nacional.

En los ámbitos señalados cabe una política global de sustentabilidad para el sector energético, a lo cual se puede agregar la eficiencia energética, una forma de enfrentar el consumo de energía, de cualquier fuente, con un criterio de ahorro y rendimiento. Pese a ciertos avances, la eficiencia energética sigue sin consolidarse en el país, lo que se evidencia por la falta de políticas públicas. Si bien destacan esfuerzos regulatorios como la implementación de etiquetados de artefactos y establecimiento de estándares de mínimo desempeño, aún queda un amplio camino que recorrer y así lo indican revisiones internacionales de éstas.

El Informe País 2018 planteaba que la transición energética, el cambio estructural del sistema hacia uno seguro, asequible y sustentable, era un factor clave para alcanzar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En efecto, las proyecciones indican que un escenario de aumento de 1,5°C de la temperatura del planeta se logra reduciendo en un 66% las emisiones de GEI, a través de acciones de reducción de la demanda de energía a través de eficiencia energética, sustitución de fuentes de energía por alternativas renovables, cambio de combustibles, estrategias de captura y almacenamiento de carbono, entre otros. Por lo que la eficiencia energética y las energías renovables se posicionan como los principales ejes de acción en el ámbito de políticas energéticas para la

sustentabilidad. Ello sin dejar de tener en cuenta lo poco que aun aportan en este momento al perfil energético del país. Es un largo proceso.

En términos de cambio climático, el aporte del sector energía a **las emisiones de GEI corresponde a un 77% del total de las emisiones contabilizadas en el país al año 2021** (Ministerio del Medio Ambiente, 2021). Chile ratificó el acuerdo de París en enero del 2017, con la meta de reducir al año 2030 en un 30% los niveles de emisiones en relación a los del año 2007. El Consejo de Ministros para la Sustentabilidad adoptó en noviembre del 2017 el “Plan de Mitigación para el Sector Energético”, el cual establece cuatro conjuntos de medidas en: generación de electricidad; los sectores comercial, público y residencial; transporte; industria y minería. Todos ellos deberían estar alineados con las metas a mediano y largo plazo de la política Energía 2050, cada uno de los cuales establece metas. Con respecto a la reducción de emisiones del país, el país no cuenta con un marco jurídico que permita asignar responsabilidades de reducción de emisión, o exigir implementación y reporte de medidas de mitigación de GEI y adaptación a impactos de cambio climático.

En el país hay que considerar que las centrales termoeléctricas son las responsables de un cuarto de las emisiones totales del país de dos contaminantes relevante: 23% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el 27% de las emisiones de dióxido de azufre. Las políticas debieran privilegiar los esfuerzos de reducción de ellas.

Por otra parte, Chile tiene un gran potencial de fuentes de energía renovables, siendo la radiación en la zona norte del país privilegiada en relación al resto del mundo en materia de radiaciones. **En la Política Energía 2050 se establecen metas participación de energías renovables de un 70% al 2050.** Además, Chile ha acogido el Acuerdo de París, con una reducción de un 30% en la intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por PIB en relación al año 2007, de las cuales un 77,4% se origina en el uso energético de combustibles fósiles. A partir de esto la Ruta Energética 2018-2022 compromete el inicio de un proceso de descarbonización de la matriz energética a través del retiro o reconversión de centrales a carbón (García, 2021b). A esto se suma la promoción de la electromovilidad. Un tema de facilidades en materia de permisos de circulación es un aspecto que se está barajando en el gobierno.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> El Mercurio: Chile Tecnológico. Electromovilidad. 27 de abril 2022.

Una nueva Ruta Energética 2022-26 ratifica esa tendencia. Según el ministro de energía el proceso de formulación “dejó como resultados ocho ejes temáticos que se desarrollarán durante la actual administración. Estos son: 1) Acceso equitativo a energía de calidad, 2) Matriz energética limpia, 3) Desarrollo energético seguro y resiliente, 4) Transición energética justa e infraestructura sustentable, 5) Descentralización energética, 6) Empoderamiento ciudadano y democratización de la energía, 7) Innovación y crecimiento económico inclusivo y 8) Modernización de la gestión pública.”

En todo caso, se vislumbra, aunque todavía embrionariamente, un proceso de transición a las ERNC que pudiera ser de la mayor relevancia para el país. Se ha señalado también la importancia de la **Certificación de Energía Renovables** como una manera de acelerar y consolidar el proceso de cambio en las empresas. Muchas han acogido el llamado y presentan propuestas y acciones efectivas según se señala en la prensa.<sup>3</sup>

También los temas financieros implican para las empresas esfuerzos de recambio que necesitan ser apoyados con políticas adecuadas. Se habla, por ejemplo, de “Clientes Libres”, que es un concepto ligado al marco jurídico. Establece dos tipos de clientes en el sector energía: los regulados, cuyos precios son fijados por la autoridad, y los libres, que por su capacidad negociadora pueden proveer electricidad en otras formas. Entre ellos se hallan los generadores de ERNC. Todo depende de la potencia y de los precios competitivos que puedan ofrecer. Dependiendo de esto mismo, también pueden conectarse al sistema regulado.<sup>4</sup>

Son tareas en las cuales alguna referencia constitucional podría ayudar en estos procesos, que son factibles, solo requieren que el país cumpla los compromisos asumidos consigo mismo. Siguiendo en el tema ERNC, a continuación, se abunda en las dos principales en desarrollo en Chile: solar y eólica.

## ENERGÍA SOLAR

---

Según la Política Energética 2050 realizada por el gobierno de Piñera en el marco de los compromisos internacionales tomados por este en relación a sus GEI, la energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y que puede generar electricidad y calor. Existen tres tipos de energía eléctrica:

<sup>3</sup> El Mercurio. Especial “Certificación de Energías Renovables”, 30 de agosto 2022.

<sup>4</sup> El Mercurio. Especial “Energía: Clientes Libres”. 22 de abril 2022.

- Fotovoltaica: transforma los rayos del sol en electricidad a través de paneles solares.
- Fototérmica: aprovecha el calor del sol a través de colectores solares.
- Termoeléctrica: el cual transforma el calor en energía eléctrica.

Al 2021 existían 3.779 MW de capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) lo que representa un 99,6% de la capacidad total nacional en cuanto a energía solar fotovoltaica y un 51,7% del total de energía aportado por todos los proyectos de ERNC del país.

Actualmente en Chile existen 2 tipos de medios de generación distribuida de energía solar, reguladas por sus respectivos marcos legales:

- Los proyectos Net-billing: estos están regulados por la Ley N° 20.571 y comprenden proyectos de auto consumo de energía y no comercialización. Poseen una capacidad de producción de máximo 300 kW. Sin embargo, tienen permitido ingresar sus excedentes de energía a la red eléctrica.
- Los proyectos PMGD: estos se regulan a partir de la Ley General del Servicio Eléctrico y el Decreto Supremo N°244. Los PMGD son un “medio de generación cuyos excedentes de potencia son menores o iguales a 9 MW y está conectado a una empresa concesionaria de distribución, o a instalaciones de una empresa que posee líneas de distribución de energía eléctrica que utiliza bienes nacionales de uso público” (Rudnick, s.f).

Existe un gran potencial de radiación solar en el norte de Chile, donde se alcanzan unas radiaciones de 8 kW/m<sup>2</sup>, superior a sus competencias en California y Almería donde se alcanzan unos 5,86 y 4,8 respectivamente (Vásquez, 2013). La Comisión Nacional de Energía informa que en 2014 la energía solar en Chile contribuía con un 1% de la matriz total. Actualmente, su contribución llega al 10%, que corresponden a 2,4 GW en capacidad instalada (Tesla Energy, 2021).

En el mes de agosto del año 2021 hubo una inyección de 571 GWh producto de parques solares al total de la energía aportada a la matriz por parte de las ERNC.

Para el desarrollo de la energía solar en Chile hay temas relevantes relacionados con el desarrollo de la energía solar. En especial existen tres ámbitos críticos, industria-gobierno-universidades, los cuales reciben el nombre de la “Triple Hélice” (Romero, 2015).

Se vislumbra que los principales problemas en materia de Energía Solar en Chile son actualmente el almacenamiento de los excedentes de energía producidos por

las numerosas plantas solares en el norte del país. El principal obstáculo para proyectos de almacenamiento, suponiendo superados los problemas técnicos mayores, se encuentra en la inexistencia de marcos regulatorios que permitan definir las necesidades que deben superar los proyectos.

Hay en desarrollo iniciativas interesantes como desarrollar tejas fotovoltaicas-térmicas, aplicables al uso de la energía solar en casas, edificaciones rurales, cabañas, etc. A continuación, se señala un registro de proyectos en curso o en marcha, por el momento sin posibilidad de discernir si se están concretando dada la etapa de transición que el país vive por causa de la crisis mundial, el debate constitucional y el cambio de gobierno.

#### **9.4.1. Iniciativas Privadas (proyectos)**

Se calcula que aproximadamente el 80% de energía eléctrica en el norte de Chile es consumido por las empresas mineras (Vásquez Elías, 2013).

Del total de energía (4.733 MW) que se calcula que aportaran los proyectos declarados “En construcción” por parte de la Comisión Nacional de Energía para julio de 2021, se estima que los proyectos de energía solar fotovoltaica y concentración solar de potencia aportaran con el 71% de este total, es decir, 3.360 MW, casi el total de lo que aportan los proyectos en funcionamiento de energía solar fotovoltaica y concentración solar de potencia actualmente.

#### **9.4.2. Proyectos en Funcionamiento**

- a. El Romero Solar. Inició su funcionamiento en el año 2016, se encuentra en la Comuna de Vallenar, en la Región de Atacama. Su tecnología es del tipo solar fotovoltaica. Teniendo una potencia de 246 MWp y 196 MW nominales (Electricidad, 2017).
- b. Planta Solar Bolero. Inició su funcionamiento en el año 2016, se ubica en la comuna de Sierra Gorda en la Región de Antofagasta. Tiene una capacidad instalada de 146 MW, 475.000 paneles y está llevado a cabo por EDF Energies y Marubeni (EDF Renewables, 2022).
- c. Planta Solar Luz del Norte. Inició su funcionamiento en el año 2016, se ubica al noreste de Copiapó, región de Atacama, posee 478 hectáreas de planta y una potencia neta de 141 MW de capacidad. Su dueño es First Solar (Pares & Alvarez, 2022; Sánchez, 2020).

- d. Planta Solar Finis Terrae. Se ubica en la comuna de Maria Elena en la región de Antofagasta, inició su funcionamiento en 2016 con una potencia neta de 160 MW y se proyecta una extensión iniciada en el año 2020 que sumaría 126 MW. Cuenta con 668.160 paneles instalados actualmente. Su inversor principal es Enel Green Power Chile (Cabello, 2020; ENEL, 2022).

#### 9.4.3. Proyectos en construcción

- a. Planta Solar Conejo Solar. Se ubicará en la comuna de Taltal en la región de Antofagasta, inició su construcción en el año 2016 y contará con una potencia neta de 306 MW aprox. divididos en 3 etapas distintas. Contará con 1,26 millones de módulos fotovoltaicos y su objetivo principal será entregar energía a la mina de cobre y molibdeno Los Pelambres. Su principal inversor es Pattern Energy (Parque Conejo Solar, 2022).
- b. Campos del Sol II. Año de puesta en servicio es 2022, potencia neta 369,60 MW.
- c. Proyecto Solar Fotovoltaico Elena. Año de puesta en servicio es 2022, potencia neta 270,00 MW.
- d. Diego de Almagro Sur. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 264,00 MW.
- e. Parque Fv Domeyko. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 208,00 MW.
- f. Proyecto Fv Coya. Año de puesta en servicio es 2021, potencia neta 186,20 MW.

Para las empresas generadoras, el marco regulatorio existente, en conjunto con las condiciones geográficas del país, hacen que Chile sea un país muy llamativo a la hora de realizar grandes proyectos. Sumado a esto, existen numerosos beneficios otorgados a pymes y pequeñas empresas, centrados en proyectos de net billing y PMGD (medio de generación cuyos excedentes de potencia son menores o iguales a 9 MW y está conectado a una empresa concesionaria de distribución, o a instalaciones de una empresa que posee líneas de distribución de energía eléctrica que utiliza bienes nacionales de uso público), para fomentar la auto generación de energía a escala residencial e industrial, estos son:

1. CRECE de Sercotec (Campos, 2019).
2. Inversión Energética Local de la Agencia de Sostenibilidad Energética.
3. Comunidad Energética de la Agencia de Sostenibilidad Energética.
4. Súmate a la Economía Circular del Comité Solar de la CORFO.
5. Fortalece Pyme del Comité Solar de la CORFO.

Cabe señalar que este registro está en evolución, ya que se han reportado señales de una importante crisis del sector de ERNC a nivel nacional, con problemas de la industria para integrarse al sistema interconectado, situaciones de insolvencia y retiro de proyectos por razones ambientales (Guillou, 2022). Por ahora dejaremos información contenida hasta donde hay datos, en espera de que de que se vayan asentando las situaciones señaladas y sea posible tener un panorama más claro. Estamos, como se ha dicho, sumidos en una dinámica de cambio de gobierno y además de evoluciones constitucionales.

#### **9.4.4. Marco internacional**

Existen múltiples países que a nivel nacional, regional y local poseen legislación relacionada a la regulación y (a veces) obligación respecto a la instalación de sistemas de energía solar. Países como Kenia, México, Portugal, Suiza, Uruguay, entre otros. Es decir, se trata de un movimiento de carácter global, no exclusivo de Chile.

Para el año 2018 existían según la The International Energy Agency (IEA, 2022) casi 600.000 GWh de producción de energía solar PV en el mundo. Se puede observar que existe un crecimiento exponencial desde el año 2010 pasando de 32.000 GWh aprox. a los GWh indicados anteriormente. Sin embargo, la solar está lejos de los 1.200.000 GWh aprox. de electricidad que produce la energía eólica en el mundo. La energía fotovoltaica cubre actualmente el 2.6% de la demanda de energía mundial. A su vez, se estima que para el año 2024 la capacidad total de las energías renovables alcance 1,2 TW de los cuales el 60% estará cubierto por energía solar fotovoltaica. De cumplirse esta estimación, del 30% que estarán aportando las energías renovables a la matriz energética mundial, más de la mitad será un aporte de parte de las plantas de energía solar (Next City Labs, 2021).

La fotovoltaica aumentó en un año un 41% su aporte a la generación de la electricidad en Chile. En junio 2022, el aporte de la generación de la fotovoltaica fue de 813 GWh, un 41,2% más respecto del mismo mes de 2021. Un número pequeño a nivel mundial, poco más de un 1% (Ini, 2022).

A través del reporte Low Emissions Escenario se estima que para el 2035 la energía solar será la principal tecnología de producción de electricidad en todo el mundo.

#### 9.4.5. Dimensión territorial

La cuestión que se plantea es donde se podría en Chile realizar estos proyectos de energía solar. La ventaja de los proyectos de net billing y PMGD es que se pueden realizar en cualquier parte. Por lo que, si existe una continuidad del apoyo gubernamental al desarrollo de estos proyectos, podríamos tener en Chile una gran proyección respecto a los proyectos de autogeneración y consumo. Sumado a esto, la existencia de los Planes Energéticos Regionales (PER) pueden incentivar incluso más el desarrollo de estos proyectos a lo largo del país. Estos son la expresión instrumental de un proceso de ordenamiento territorial energético regional que nace a partir de las metas y acciones definidas en la Agenda de Energía, de la Política Energética 2050, de los procesos regulatorios y de planificación energética (Ministerio de Energía, 2018).

Como un ejemplo de lo anterior, el desierto de Atacama presenta una ventaja comparativa, destacando a nivel internacional respecto a la radiación existente en este. Se estima que en el desierto de Atacama se alcanzan unas radiaciones de 8 KW/m<sup>2</sup>, superior a sus competencias en California y Almería donde se alcanzan unos 5,86 y 4,8 respectivamente.

### 9.5. ENERGÍA EÓLICA

---

La energía eólica es una ENRC que se obtiene de la energía cinética del viento, esto fruto del movimiento de las palas de un aerogenerador, que a través de la puesta en marcha de una turbina transforma esta energía cinética en energía eléctrica (ENEL Perú, 2018). Por cierto su instalación requiere que haya un régimen de vientos adecuado para hacer funcionar los generadores, lo cual puede ser mar adentro, en el borde costero o en el territorio. En el caso de Chile este último emplazamiento, territorial, parece ser el más adecuado.

Existen dos tipos principales de energía eólica, las cuales dependen de donde se genera la electricidad (Repsol, 2022):

- Proyectos de energía eólica en tierra (energía onshore).
- Proyectos de energía eólica en el mar (energía offshore).

En Chile están regulados los proyectos de energía onshore, es decir, los proyectos de energía eólica que se sitúan en tierra. La última guía del SEA está destinada específicamente a estos proyectos (Servicio de Evaluación Ambiental, 2020). Los

proyectos de generación de energía eólica de gran envergadura son denominados parques eólicos, estos se definen según la cantidad de aerogeneradores instalados y distribuidos en un terreno definido. En la actualidad, a agosto de 2020 existían 2.248 MW de instalaciones de energía eólica, representando un 8,7% del Sistema Eléctrico Nacional.

Según la Guía para la Descripción de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA, existe un potencial aproximado de 40.000 MW de producción eólica posible en los territorios existentes entre Arica y Chiloé. Más específicamente, las áreas con más potencial dentro de ese territorio son:

- La zona interior de la región de Antofagasta.
- La zona costera de la región de Coquimbo.
- Las zonas interiores de la región del Biobío y La Araucanía.
- La zona costera de la región de Los Lagos.

Sin embargo, en el extremo sur del país se presentan las zonas con mayor potencial eólico del país. En las regiones de Aysén y Magallanes se presenta un potencial de 22.000 MW. La región de la Antártica Chilena presenta un potencial de 59.000 MW. Para la definición de estos potenciales energéticos se tomaron en cuenta las tecnologías existentes y características apropiadas del territorio para la instalación de proyectos eólicos.

### 9.5.1. Parques de Energía Eólica en desarrollo en el país

Para 2019 la región de Coquimbo lideraba la capacidad de producción de energía eólica instalada con unos 692 MW (Generadoras de Chile, 2019). A la fecha, las instalaciones en desarrollo y operación son las siguientes:

- a. Parque Eólico San Juan: ubicado en Freirina, Región de Atacama cuenta con una capacidad instalada de 185 MW y se proyecta una vida útil de 27 años (Latin America Power, 2022). Ocupa un terreno de 3.000 hectáreas y funcionará con 56 aerogeneradores que se conectarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).<sup>5</sup>
- b. Parque Eólico El Arrayán: es propiedad de Pattern Energy y Antofagasta Minerals, se ubica en las cercanías de Tongoy, comuna de Ovalle, Región de Coquimbo. Posee una capacidad instalada de 115 MW. Produce con 50 aerogeneradores en un terreno de 250 hectáreas y se halla en operación

<sup>5</sup> El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) corresponde desde 2017 a la interconexión del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). Abarca 3100 km, desde Arica hasta la isla de Chiloé. A estos se agregan el Sistema Eléctrico de Aysén (SEA) y el Sistema Eléctrico de Magallanes.

- desde 2014. Está conectado al SEN Este parque le vende el 70% de su energía a la minera Los Pelambres, que cubre un 20% de sus necesidades a la fecha. El parque posee una vida útil de 20-30 años (Antofagasta Minerals, 2022).
- c. Parque Eólico Sierra Gorda Este: es propiedad de Enel, se ubica a 60 km de la ciudad de Calama en la comuna de Sierra Gorda, Región de Antofagasta. Cuenta con una capacidad instalada de 112 MW y genera 295 GW/h/año aproximadamente. Este se conecta a una subestación minera de 220 kV llamada “Minera Sierra Gorda” donde después se conecta al SEN. Inició sus operaciones en el año 2016 (ENEL, 2022).
  - d. Parque Eólico Aurora: se ubica a 15 km de la comuna de Llanquihue en la Región de Los Lagos. Posee una capacidad instalada de 129 MW y se conecta al SEN a través de una conexión tap-off a una línea de transmisión de 220 kV llamada “Rahue-Puerto Montt”. El proyecto es propiedad de AEL Energía, al igual que el Parque Eólico Sarco (Reporte Sostenible, 2020).
  - e. Parque Eólico Sarco: se ubica en la comuna de Freirina también a 60 km al suroeste de la comuna en la Región de Atacama. Cuenta con una capacidad instalada de 170 MW. Se conecta al SEN a través de la subestación Maitencillo (Ministerio de Energía, 2018).

### 9.5.2. Principales nuevos proyectos de Energía Eólica en el país

Actualmente existen 946 MW de energía eólica en construcción, el cual proyecta su ingreso total al sistema en 2022 (un 21% del total de proyectos de ERNC en construcción), 12.266 MW con la Resolución de calificación ambiental (RCA) aprobada, y 4.202 MW en calificación.

- a. Parque Eólico Entre Ríos: se ubicará en la Región del Biobío, más específicamente en las comunas de Mulchén, Negrete y Los Ángeles. Se proyectan 310,5 MW de capacidad instalada. Su estado actual es Aprobado (superó el Estudio de Impacto Ambiental) (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022a).
- b. Parque Eólico Horizonte: se trata de un proyecto que se ubicará en terrenos fiscales a 130 km de la comuna de Taltal, Región de Antofagasta. Se proyectan unos 778 MW de capacidad instalada y una energía generada equivalente al consumo de 700 mil hogares (2.400 GWh/año). Se insertará al SEN y será el parque eólico más grande de América Latina.

Posee una vida útil indefinida y un inicio de operaciones proyectado para el 4to Trimestre de 2023 (Colbun, 2022b).

- c. Parque Eólico Ovejera Sur: se ubicará en la Región de Los Ríos, en las comunas de Paillaco y la Unión se proyectan unos 252 MW de capacidad instalada que se acoplaran al SEN a través de una red de media tensión y una línea de transmisión (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022b).
- d. Parque Eólico Culenco: se ubicará en la Región del Ñuble, se proyecta una capacidad instalada neta de 248 MW (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022c).
- e. Parque Eólico Rinconada: se ubicará en la región del Biobío, comuna de Laja y Los Ángeles. Tendrá una capacidad instalada neta de 258 MW. Se conectará al SEN a través de la construcción de una línea de alta tensión de 220 KV, con una vida útil de 30 años (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022d).

### **9.5.3. Regulaciones relacionadas al desarrollo de proyectos de Energía Eólica**

Un tema que es insoslayable en proyectos de este tipo es el marco regulatorio en que debe apoyarse su desarrollo, por lo cual se señalan a continuación los cuerpos legales principales pertinentes (Servicio de Evaluación Ambiental, 2020):

- D.F.L N°725 de 1967: regula las emisiones de aguas servidas y residuos industriales.
- DL N°3.557 de 1980: regula emisiones, residuos y sustancias peligrosos relacionados a contaminar agricultura.
- DS N°38 de 2011: regula las emisiones de ruido definiendo límites de emisión de ruido y presiones sonoras. Está dividido por 4 zonas, cada zona se divide en dos franjas horarias, y cada franja y zona establece una cantidad distinta de decibels permitidos.
- DS N°43 de 2015: regula el almacenamiento de sustancias peligrosas.
- DS N°47 de 1992: regula emisiones de ruido, polvo y material.
- DS N°75 de 1987: establece la necesidad de tomar medidas y acciones para evitar derrames, dispersiones de material, entre otras emisiones de sustancias peligrosas.
- DS N°138 de 2005: establece la necesidad de informar respecto a procesos relacionados a emisiones de combustible y otros.
- DS N°144 de 1961: establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza.
- DS N°148 de 2003: establece un reglamento sanitario relacionado al Manejo de Residuos Peligrosos.
- DS N°298 de 1994: regula el transporte de residuos peligrosos.
- Ley N°4.601 de 1929: protege fauna.

- Ley N°17.288 de 1970: protege patrimonio cultural.
- Ley N°18.378 de 1984: establece sanciones respecto al daño a flora y fauna.
- Ley N°20.283 de 2008: aprueba reglamento de suelos, aguas y humedales.
- Ley N°20698 de 2013: propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales.

Este listado de legislación, que pudiera no ser exhaustivo, es importante por lo que se señala a continuación, los impactos ambientales de la generación de energía eólica (**Ver Cuadro 9.1, 9.2 y 9.3**), que han salido a colación recientemente con motivos de algunos proyectos en Magallanes.

**Cuadro 9.1.** Riesgos de impacto ambiental en la fase de construcción de un proyecto de energía eólica.

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		Impactos ambientales
Acondicionamiento del terreno para construir o habilitar partes y obras del proyecto	Emisiones a la atmósfera.	Aire -Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP10, MP2,5, entre otros).
	Emisiones de ruido y vibración.	Fauna -Perturbación de fauna Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos -El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sentimientos de arraigo o cohesión social
	Escarpe o extracción de la capa vegetal del suelo. Movimiento de tierra.	Suelo -Pérdida de suelo -Compactación de suelo -Activación de procesos erosivos o erosión del suelo
	Corta de flora y vegetación.	Flora - Pérdida de individuos o ejemplares de una población - Pérdida de una comunidad de flora o vegetación - Modificación o pérdida de hábitat para la flora Fauna - Pérdida de individuos o ejemplares de una población - Perturbación de la fauna - Modificación o pérdida de hábitats para la fauna terrestre Valor paisajístico - Pérdida de atributos biofísicos del

		<p>paisaje</p> <p>Patrimonio cultural</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteración de monumentos arqueológicos</li> <li>- Alteración de sitios con valor antropológico, arqueológico e histórico</li> </ul>
Movimiento de tierras por carguío y volteo de material y por excavación o corte y de relleno o terraplén	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, entre otros)</li> </ul>
Lavado de vehículos y camiones	Disposiciones de efluentes en:	<p>Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua</li> </ul> <p>Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (cambios en la textura, estructura, patrón de aireación, régimen hídrico) de las aguas superficiales y subterráneas</li> </ul>
Obras o instalaciones para el manejo de aguas servidas	Disposición de efluentes en:	<p>Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua</li> </ul> <p>Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (cambios en la textura, estructura, patrón de aireación, régimen hídrico) de las aguas superficiales y subterráneas</li> </ul>
Construcción y habilitación de caminos para acceder al interior del parque eólico		<p>Flora</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de individuos o ejemplares de una población</li> <li>- Pérdida de una comunidad de flora o vegetación</li> </ul> <p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna</li> </ul> <p>Suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de suelo</li> <li>- Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (patrón de aireación)</li> </ul>
Mantenimiento de caminos		<p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)</li> </ul>
Tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias al interior del emplazamiento del	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, entre otros) y gases (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, entre</li> </ul>

proyecto		otros)
	Emisiones de ruido y vibración	<p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)</li> </ul> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social</li> </ul>
Establecimiento de plataformas y sus respectivas cimentaciones subterráneas y montaje de los aerogeneradores .		<p>Valor paisajístico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Artificialidad</li> <li>- Intrusión visual</li> <li>- Modificación de atributos estéticos</li> </ul>
Construcción de fundaciones de los aerogeneradores	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, entre otros)</li> </ul> <p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna</li> </ul>
Transporte de insumos, sustancias peligrosas, residuos y mano de obra fuera del área de emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, entre otros) y gases (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, entre otros)</li> </ul>
	Emisiones de ruido y vibración	<p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)</li> </ul> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social</li> </ul>
		<p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción o restricción a la libre circulación</li> <li>- Conectividad o aumento en los tiempos de desplazamiento</li> </ul>

Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), 2020.

**Cuadro 9.2:** Factores más frecuentes de impacto ambiental en la fase de operación de un proyecto de energía eólica.

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		Impactos ambientales
Obras o instalaciones para el manejo de aguas servidas	Disposición de efluentes en:	Agua – Cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua
		Suelo – Cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (modificación de los valores de parámetros químicos y biológicos)
Operación del parque eólico (conjunto de aerogeneradores)		<p>Valor paisajístico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Artificialidad</li> <li>– Intrusión visual</li> <li>– Modificación de atributos estéticos</li> </ul> <p>Riesgo para la salud</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– El efecto de sombra parpadeante puede generar riesgos para la salud de la población</li> </ul> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– El efecto disco percibidos por las personas pertenecientes a un grupo humano pueden alterar sus quehaceres cotidianos afectando con ello su rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, afectando sus sentimientos de arraigo o cohesión social</li> </ul>
Altura de los aerogeneradores y movimiento de sus aspas		<p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pérdida de individuos o ejemplares (colisión y muerte de aves y murciélagos)</li> </ul>
Movimiento de las aspas de los aerogeneradores (ruido aerodinámico) y operación de la turbina de la unidad de generación de energía eléctrica (ruido mecánico)	Emisiones de ruido y vibración	<p>Fauna</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Perturbación de fauna (aves podrían dejar de posar para su descanso o nidificación, y modificación de su desplazamiento aéreo)</li> </ul> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social</li> </ul> <p>Valor turístico</p>

		<p>– Las emisiones de ruido en zonas con valor turístico pueden afectar el interés de los visitantes o turistas por visitar dichas zonas, lo que conlleva a una alteración por menoscabo del valor turístico, en particular, a la atracción de flujos de visitantes.</p>
--	--	--

Fuente: SEA, 2020.

**Cuadro 9.3.** Factores de impacto ambiental en la fase de cierre de un proyecto de energía eólica.

Factores del proyecto que determinan impactos ambientales		Impactos ambientales
Desmontaje o retiro de estructuras (por ejemplo, plataformas de montaje, torres de aerogeneradores, conductores de energía eléctrica, subterráneos y superficiales) y otras instalaciones	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <p>– Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2.5</sub>, entre otros)</p>
		<p>Valor paisajístico</p> <p>– Modificación de atributos estéticos</p>
Tránsito de vehículos, camiones y funcionamiento de maquinarias al interior del emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <p>– Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2.5</sub>, entre otros) y gases (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, entre otros)</p>
	Emisiones de ruido y vibración	<p>Fauna</p> <p>– Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)</p> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <p>– El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de arraigo o cohesión social</p>
Transporte de insumos, sustancias químicas, residuos y mano de obra fuera del área de emplazamiento del proyecto	Emisiones a la atmósfera	<p>Aire</p> <p>– Aumento de la concentración ambiental de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2.5</sub>, entre otros) y gases (NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, entre otros)</p>
	Emisiones de ruido y vibración	<p>Fauna</p> <p>– Perturbación o pérdida de individuos o ejemplares de fauna (atropello)</p> <p>Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos</p> <p>– El ruido y vibración puede alterar sus quehaceres cotidianos afectando la rutina e incluso el ejercicio o la manifestación de sus tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que pueden afectar sus sentimientos de</p>

		arraigo o cohesión social
		Sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos - Obstrucción o restricción a la libre circulación - Conectividad o aumento en los tiempos de desplazamiento

Fuente: SEA, 2020.

En el marco de lo anterior, se reproducen algunos efectos negativos para el medio ambiente de estos proyectos, que no se contradicen necesariamente con sus ventajas en materia energética, aunque sí pueden generar problemas sobre todo a las comunidades humanas, la ecología y el paisaje de los lugares donde se emplazan. La información proviene del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Muchos de estos elementos han puesto en jaque a un importante proyecto de energía eólica en la región de Magallanes, ligado a la potencial producción de Hidrógeno Verde. La situación no se ha resuelto entre la autoridad ambiental, la empresa, el gobierno regional, el sector académico y la comunidad organizada, que constituyen frentes oponentes en este proceso (Guillou, 2022). Al momento en que se redacta este borrador el tema no ha sido aún resuelto, y otro proyecto en Magallanes, por 6 mil millones de dólares, impulsado por una empresa diferente y competitiva, ha entrado al proceso de evaluación de sus impactos ambientales (Cooperativa.cl, 2022). Gente Grande prevé establecerse en la bahía del mismo nombre y producir entre 1,3 y 1,5 millones de toneladas anuales de combustible sostenible, para su exportación a mercados de Europa y Asia.

La iniciativa aún debe ingresar al Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) y, de ser aprobada, iniciaría sus operaciones en 2028.

## 9.6. HIDRÓGENO VERDE

El hidrógeno verde (H<sub>2</sub>V) se ha transformado en un tópico al momento de pensar en un futuro energético más sustentable para Chile. La Fundación Chile, institución que lidera la promoción internacional de este combustible, enseña que el hidrógeno verde se produce a partir de agua y de energías renovables. La obtención de hidrógeno (no disponible en estado natural) a partir de fuentes renovables, consiste en la descomposición de las moléculas de agua (H<sub>2</sub>O) en oxígeno (O<sub>2</sub>) e hidrógeno (H<sub>2</sub>). Este proceso de hidrólisis requiere importantes cantidades de energía.

Cabe señalar que en función de su grado de sostenibilidad existen tres tipos distintos de hidrógeno: hidrógeno gris, hidrógeno azul e hidrógeno verde. La diferencia radica en las fuentes de energía eléctrica necesarias para implementar el proceso de hidrólisis que permite separar el  $O_2$  del  $H_2$ . El llamado  $H_2$  gris, sin entrar en detalles técnicos, se produce a partir de metano usando gas natural como combustible. Es por lo tanto contaminante en términos clásicos y generador de  $CO_2$ . Si este  $CO_2$  es capturado o reducido, se habla de hidrógeno azul. El gris es el procedimiento más usado en la actualidad, aun cuando se prefiera el azul por ser menos contaminante y acorde con los objetivos de la lucha contra el cambio climático. El tema ambientalmente conflictivo está en la fuente energética.

Vale señalar que la literatura menciona también un hidrógeno negro o marrón, el cual se genera a partir de la combustión de carbón, donde nos encontramos naturalmente con otro proceso estigmatizado como contaminante y degradante de la capa de ozono, con todas las secuelas que eso significa, incluida la contaminación del suelo asociado a las faenas mineras (Aleasoft Energy Forecasting, 2020).

Pues hay una fórmula más amigable con el medio ambiente, que es producir  $H_2$  con energía solar y eólica y se llama hidrógeno verde. Se le suele poner  $H_2V$ . Es pues una forma diferente a la tradicional de utilizar combustibles fósiles para generar el hidrógeno, a menudo con alto daño ambiental. El supuesto color verde es naturalmente un gancho para asociar el producto a la corriente verde o ecológica, al ambientalismo y el ecologismo, etiquetas fundamentalmente políticas.

El  $H_2V$ , como sus congéneres denominados con otros colores, se utiliza fundamentalmente en la refinación de combustibles fósiles (lo cual también demanda importantes cantidades de energía), en la producción de amoníaco y en la industria del acero. Son procesos industriales tradicionales que han funcionado con “energías sucias” (fósiles) desde sus inicios a nivel mundial. En Chile también, por cierto.

Actualmente se están desarrollando nuevas aplicaciones, en las cuales el hidrógeno se quema en forma directa o genera electricidad a través de dispositivos llamados celdas de combustible, que combinan hidrógeno y oxígeno del aire. A esto se considera una muestra de eficacia, al permitir consumir el  $H_2V$  en el caso de que no haya bastante demanda para usos industriales.

En transporte ya existen en Europa y Estados Unidos vehículos con celdas de combustibles y estanques de hidrógeno (no necesariamente verde). En Chile hay trabajos en avance sobre todo en materia del recambio del combustible Diesel para la minería, donde el sector privado financia y patrocina investigaciones sobre la base de las ventajas de eficiencia del rendimiento del H<sub>2</sub>V en relación al gas natural (Espinoza, 2021).

También se puede usar en el almacenamiento y producción de energía eléctrica y térmica; en la generación de electricidad en turbinas de gas; en procesos industriales y refinación de metales; en la producción de fertilizantes para la agricultura y en insumos mineros. Es por tanto un insumo importante en la industria química y petroquímica.

La mitigación de las emisiones de carbono, la reducción de costos de la electrólisis y los incentivos que vienen de fondos internacionales, presentan un escenario que permitirían a un país globalmente integrado acelerar el desarrollo de hidrógeno verde. Lo cual significa que la reducción en costos y el potencial en energías renovables, podrían posicionar a Chile como eficiente productor de hidrógeno verde. Asimismo, se espera que el desarrollo de esta industria contribuya a impulsar una reactivación económica respetuosa con el medio ambiente, sostenible e inclusiva. El actual gobierno, siguiendo la línea del anterior, ha decidido hacerlo política pública.

### **9.6.1. La propuesta gubernamental**

El gobierno ha sostenido que el hidrógeno verde y sus derivados, incluyendo amoníaco, metanol y combustibles sintéticos, sería un elemento fundamental en tres ámbitos: cambio climático, oportunidades sociales y desarrollo económico (emprendimientos). Para ello ha formulado una política de promoción de la investigación y el desarrollo del hidrógeno verde, a cargo del Ministerio de Energía. La Fundación Chile está creando un nuevo fondo de inversión de \$300 millones de dólares para invertir en proyectos de hidrógeno verde. El lanzamiento está planeado para año 2022, con el objetivo de invertir en 12 a 15 empresas. Se están haciendo llamados para concursar (Fundación Chile, 2022).

Para el gobierno del presidente Piñera “es una nueva industria”, palabras con que anunció la producción de la primera molécula de hidrógeno verde, en una planta de Anglo American en Colina, a ser utilizada en la minería con una visión sustentable, siendo así un factor en la descarbonización de la matriz energética.

La electricidad se producirá en una planta fotovoltaica ubicada en Las Tórtolas, que ocupa un antiguo relave de la mina Los Bronces de Anglo American. Se trata de un avance de la llamada “Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde” (Munita, 2022).

Según estimaciones del Ministerio de Energía, se espera que el hidrógeno verde contribuya con una reducción de emisiones entre el 25 % y 27% al año 2050.

En el anuncio gubernamental se prevé otro uso, ya señalado, como combustible para los camiones y otros vehículos de la minería, de alto consumo de diésel en la actualidad, “enverdecando” así el proceso de transporte. Por lo tanto, haciendo un aporte a la mitigación del cambio climático, aunque nuestro país no es un emisor importante de CO<sub>2</sub>. Las proyecciones son optimistas y se espera ser el productor más barato de H<sub>2</sub>V al 2030, el mayor exportador mundial al 2040 y alcanzar un volumen de exportaciones cercano a las del cobre por el año 2050, cuando Chile alcanzaría su carbono neutralidad, según apunta el gobierno (Osorio *et al.*, 2021).

Se ha planteado incluso que este tema debería tener una presencia en el debate constitucional y eventualmente ser parte del texto mismo de la constitución (Carey, 2021).

### 9.6.2. Proyectos

A través de la prensa el Ministerio de Energía ha proporcionado una lista de proyectos de desarrollo de ERNC destinadas a apoyar la promoción de la generación de H<sub>2</sub> verde. En la región de Antofagasta aparecen 4 proyectos de las empresas HyEx, Atacama Hydrogen HUB, AES Andes y Hoasis. En la región de Magallanes se señalan proyectos de las empresas HIF y HNH Energy. Todas ellas prevén estar exportando H<sub>2</sub> verde a fines de esta década. Como proyectos a nivel de idea/estudio los hay en la región de Antofagasta (2) y en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Bío-Bío (uno cada una). Ninguno de tales proyectos está aún en ejecución.

Sin embargo, en el proyecto HIF en Magallanes hay una planta piloto en construcción y estará produciendo a fin de año. Su DIA (Declaración de Impacto Ambiental) fue aprobada en mayo 2021. Sin embargo, ha entrado en conflicto con la autoridad ambiental que ha exigido un nuevo estudio. Por otro lado, en la

revista “Electricidad” se informa que están evaluándose los pilotos de 40 proyectos de H<sub>2</sub>V (Electricidad, 2020).

Cabe mencionar una reciente declaración conjunta para fortalecer la cooperación en materia de hidrógeno verde con Alemania, en el marco de la Asociación Chileno-Alemana de Energía para identificar proyectos viables de hidrógeno verde (Energy Partnership, 2022).

Cabe señalar también en el ámbito local que, según el Diario Financiero, la empresa de gas de Valparaíso se une a la apuesta por el H<sub>2</sub>V y acuña proyectos para introducirlo en sus redes de gas, particularmente en la región de Coquimbo (Peña, 2021).

Lo anterior da señal de una dinámica fuerte por avanzar en la materia.

### **9.6.3. Visión internacional**

El *National Geographic*, revista de divulgación científica, plantea sin embargo que: “El hidrógeno es la eterna promesa de los combustibles alternativos a aquellos fósiles y emisores de gases de efecto invernadero. A pesar de su enorme potencial, se trata de un combustible difícil de obtener, pues no se encuentra de forma aislada en la naturaleza. ¿Es viable un modelo energético basado en este elemento?” (Alcalde, 2023).

De lo anterior queda claro el interés de los países generadores de GEI (gases con efecto invernadero), el mundo desarrollado fundamentalmente, que buscan opciones para lograr las mitigaciones que han comprometido como parte de sus compromisos para poner freno al calentamiento global. La contribución de Chile al efecto invernadero es marginal, por eso se piensa que el H<sub>2</sub> verde puede convertirse en un buen negocio con los países que necesitan reducir emisiones (Molina, 2021).

Según una investigación realizada por la Universidad Stanford y la Universidad Técnica de Múnich (*Economics of converting renewable power to hydrogen*, february 2019), la producción de hidrógeno verde podría ser rentable utilizando el exceso de energía renovable que no se consume, y que, por tanto, no puede almacenarse. El problema, según el estudio, es que el rendimiento de las energías renovables es intermitente, con lo que el suministro de electricidad a partir de estas fuentes también es variable. A veces no es suficiente para satisfacer la

demanda, mientras que en ocasiones se produce demasiada y se pierde, o bien se deja de producir, ya que no se puede almacenar en el momento (Glenk & Reichelstein, 2019).

En todo caso, hay una experiencia en Australia con una mega batería de litio, quizás no es económica todavía, pero podría viabilizarse a futuro. También el tema de la intermitencia podría resolverse con la energía termosolar. Son elementos técnicos que esperan su consolidación, para mirar la perspectiva de esta fuente energética de manera optimista.

En cualquier caso, sería eventualmente interesante para nuestro país, que puede quedar con superávit en producción de energías alternativas para otros propósitos y encontraría aquí una forma de utilizar tales excedentes. Falta mucho para eso, pero nada quita que se pueda investigar y soñar al respecto. Sobre todo, con optimismo y visión de negocios.

Un centro académico entusiasta, ligado a la Universidad Austral (el Núcleo INVENT), se pregunta si no es esta “la gran oportunidad para crear un modelo de desarrollo ejemplar”. La creación y operación de una planta química en la región de Magallanes es señalado como un hito importante. Le agregan, por cierto, la afirmación de que es “la oportunidad que significaría implementar un modelo de desarrollo descentralizado, haciendo partícipe a la ciudadanía”. Sustentabilidad, descentralización y participación aparecen pues como conceptos seductores en la caracterización de esta iniciativa (Uribe, 2021).

No obstante, quedan latentes varias preguntas. ¿Para qué se quiere producir el H<sub>2</sub> (verde o del color que sea)? ¿Como gasolina para los camiones mineros? ¿En la producción de amoníaco para fertilizantes y explosivos? ¿Para fabricar metanol (insumo de plásticos, disolventes, combustibles)? ¿En otros procesos industriales de hidrogenación? Son los usos según las fuentes disponibles.

No suenan a objetivos muy "verdes" que digamos, salvo claramente en lo que respecta a emisiones de CO<sub>2</sub>, eliminadas o compensadas... Tal vez lo más “verde” sea sustituir el petróleo por H<sub>2</sub> verde para combustibles, o para salvar la economía local, como parece ser el sueño de algunos magallánicos (por la energía eólica potencialmente disponible), o de empresarios mineros del norte interesados por su potencial en el rubro acción climática.

En esta línea, el Ferrocarril de Antofagasta (internacional, cubre la ruta Antofagasta-Oruro en Bolivia), ha anunciado que tiene en estudio el reemplazo del combustible de sus locomotoras de Diesel a H<sub>2</sub>V, con el objetivo de descarbonización de sus operaciones como contribución a la lucha contra el cambio climático (Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia [FCAB], 2021).

Cabe señalar que Argentina también está lanzando una entusiasta política gubernamental para la producción de hidrógeno verde, incluyendo “millonarias inversiones” de acuerdo a la información de prensa en el medio automotriz. ¿En qué se invertiría? Pues en energía eólica, donde hay un gran potencial en el extremo sur del país vecino, tanto por el régimen de vientos como en el espacio para las instalaciones correspondientes. Se habla de inversiones del orden de 8.400 millones de dólares, para una producción máxima estimada de 2,2 millones de toneladas anuales para el 2030. El desarrollo se iniciaría en 2024 (Calaza, 2021).

No es innecesario hacer mención de estas iniciativas de países vecinos, ya que constituyen competencia a lo que se pretende producir en Chile a nivel de los mercados globales.

#### **9.6.4. La realidad de la disponibilidad de energía verde**

Cabe señalar que la industria misma está consciente de la complejidad de la instalación del H<sub>2</sub> verde y, aunque se hable de una “fiebre por el H<sub>2</sub> verde”, compartida por un amplio espectro de actores sociales, el tema ha sido tomado seriamente con el apoyo del sector académico. La empresa opina que “El hidrógeno gris se usa en la industria, en aplicaciones en refinerías y en producción de amoníaco principalmente. Las nuevas aplicaciones de hidrógeno verde están en los sectores del transporte terrestre, marítimo y aviación, industria, electricidad, edificaciones y plantean desafíos tecnológicos y despliegue masivo de tecnologías de demanda como vehículos, motores, turbinas y calderas que usen el hidrógeno y sus derivados”.

De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía, la disponibilidad efectiva de ERNC al 2019 en Chile, insumo para la producción de H<sub>2</sub>V como se ha dicho, se puede ver en el **Cuadro 9.4**:

**Cuadro 9.4.** Oferta al 2019 de Energéticos Primarios – Tcal.

Petróleo Crudo	102,53	29,66 %
Gas Natural	56,00	16,20 %
Carbón	75,02	21,70 %
Biomasa	81,17	23,48 %
Energía Hídrica	18,44	5,34 %
Energía Eólica	4,21	1,22 %
Energía Solar	5,52	1,60 %
Geotermia	1,74	0,50 %
Biogás	1,01	0,29 %
TOTAL	345,64	100 %
<b>Eólica + Solar</b>	<b>= 9,73 Tcal</b>	<b>2,82%</b>

Fuente: (Comisión Nacional de Energía - Chile).

En otras palabras, la suma de eólica y solar (2,82%) da una disponibilidad extremadamente exigua, aun si utilizara íntegramente en la producción del mentado hidrógeno verde.

En todo caso hay profusos proyectos en curso como se muestra en los **Cuadros 9.5 y 9.6.**

El tema es sumamente dinámico y los listados se están actualizando permanentemente. El Ministerio de Energía registra 30 iniciativas en distintas etapas de desarrollo para producir derivados verdes de hidrógeno y otras 15 en proceso de obtener terrenos fiscales para instalarse. Esto a fines de diciembre 2022. Aunque puede sonar anecdótico, la prensa ha señalado que la empresa Porsche en Chile ha inaugurado el primer vehículo con combustible H2 verde, en evento avalado por el ministro de energía del actual gobierno (Muñoz, 2021). La prensa señala también un experimento de H2 casero: “2.400 clientes de la conurbación La Serena y Coquimbo, ya reciben en sus casas una mezcla de gas natural con hidrogeno verde, proveniente de la primera planta de Chile y de Latinoamérica, ubicada en el Barrio Industrial de la comuna puerto (Mursell, 2022).

**Cuadro 9.5.** Proyectos zona norte.

Proyecto	Descripción	Fuente de energía	Uso proyectado para el H <sub>2</sub> V	Inicio de operación proyectado	Estado del proyecto (a sept. 2021)
Iniciativa HyEx	Las empresas multinacionales ENGIE y ENAEX buscan generar H <sub>2</sub> V para producir NH <sub>3</sub> “verde” en la planta Prillex de ENAEX. Lugar: en principio Tocopilla	Eólica y Solar	Fabricar insumo para producir nitrato de amonio (NH <sub>3</sub> ) en región de Antofagasta Utilización del NH <sub>3</sub> como combustible Exportación del NH <sub>3</sub> Fertilizantes	2025	DIA ingresada por ENGIE

Paracelsus	La empresa Atacama Hydrogen HUB en la ciudad de Mejillones busca generar H <sub>2</sub> V a gran escala a través de una planta electrolizadora alimentada por una planta de energía solar de 2 GW.	Solar	Generar H <sub>2</sub> V para alimentar trenes a hidrógeno que transporten implementos relacionados con la minería Exportar H <sub>2</sub> V al extranjero	2030	Por definir
AES Andes	Proyecto inicial realizado por AES Gener y una empresa anónima, hasta el momento no posee ubicación y se estima la necesidad de 800 MW de energía renovable para su funcionamiento	N/E	Producir NH <sub>3</sub> "verde" para consumo y exportación Utilizar los excedentes para producir fertilizantes y productos agrícolas	Por definir	Realizando estudio de factibilidad
Hoasis	La empresa TCI GeCOMP busca establecerse en la región de Antofagasta en predio de 9000 Ha compuestas por una instalación solar fotovoltaica con capacidad de 3GW, una electrolizadora de hidrógeno de 2,1 GW de capacidad con proyecciones de producción de 102.000 Ton de H <sub>2</sub> V anuales, entre otras unidades.	Solar	Exportación de H <sub>2</sub> V vía gaseoducto y barco Generar un sistema de economía circular alrededor del H <sub>2</sub> V y el O <sub>2</sub> producido, para ser utilizado en agricultura, sinergias con industrias locales (minería) y combustible.	Por definir	Por definir

Fuente: Elaboración propia en base a Engie Chile, 2021; Engie Chile, 2020; Atacama Hydrogen Hub, 2022; Peña, 2021; TCI GECOMP, 2022.

**Cuadro 9.6.** Proyectos zona sur.

Nombre del proyecto	Descripción	Fuente de Energía	Uso proyectado para el H <sub>2</sub> V	Inicio de operación proyectado	Estado del proyecto
Haru Oni	Se desarrolla en región de Magallanes, Cabo Negro, al norte de Punta Arenas por la multinacional HIF en conjunto con ENEL, ENAP y otras empresas.	Eólica Utilizará energía proveniente de un aerogenerador de 3,4 MW y poseerá electrolizador de 1,25 MW.	Gasolina Utilización del H <sub>2</sub> V como combustible a través de su transformación en e-Gasolina	2022	En construcción
Land-scape	Se llevará a cabo en la Región de Magallanes por las empresas Trammo y HNH Energy.	Eólica Se alimentará de un aerogenerador de 1,6 GW. Se busca producir 850.000 ton de NH <sub>3</sub> y 150.000 ton de H <sub>2</sub> V por año.	Creación de NH <sub>3</sub> "verde" para minería, fertilizantes entre otros Utilización del H <sub>2</sub> V para refinería, industria del acero y química. Exportación de NH <sub>3</sub> y H <sub>2</sub> V para transporte, energía, calor.	Por definir	Memorándum firmado. En estudio de factibilidad

Fuente: Elaboración propia en base a AustriaEnergy, 2021.

## 9.7. ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES DE USO MENOR

---

### 9.7.1. Geotermia

La energía geotérmica es aquella que se produce en la corteza terrestre de la Tierra debido al calor existente en las distintas capas subterráneas del planeta. Se sabe que el gradiente geotérmico o temperatura aumenta unos 30°C/km (Ministerio de Energía, 2022).

Chile posee una situación privilegiada respecto de otros países entorno a las potencialidades de aprovechamiento de esta energía puesto que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una ubicación con alta actividad geológica (Centro de Excelencia de Geotermia de Los Andes, 2022).

La energía geotérmica se clasifica según su entalpía, es decir, la cantidad de energía que puede intercambiar un sistema con su entorno. Según esto existen las siguientes clasificaciones de Entalpía según temperatura:

- Recursos de baja entalpía: inferior a los 160 C°.
- Recursos de media entalpía: entre los 160 y 200 C°.
- Recursos de alta entalpía: zonas con una temperatura superior a los 200 C°.

Un estudio del Ministerio de Energía (2018) informa que Chile tiene un potencial geotérmico de hasta 3.800 MW e inversiones por US\$25 mil millones a la fecha. La generación solar y eólica han tomado el protagonismo de las energías renovables del país, pero hay otros actores, afirman, como la geotermia, que tienen un importante potencial a desarrollar. Ello, ya que en base a la prospección de los recursos existentes actualmente en Chile se cuenta con exploración suficiente para cifrar el potencial técnicamente explotable de las zonas exploradas entre 1.300 MW y 3.800MW, con un rango de inversiones entre US\$9 y US\$25 mil millones (Ministerio de Energía, 2018).

En el país el aprovechamiento de la energía geotérmica está regulado por la Ley 19.657 de Concesiones de Energía Geotérmica.

Según un artículo de la revista “Electricidad”, a marzo de 2020 existían aproximadamente 43.000 hectáreas en las cuales hay siete centrales dedicadas a la explotación de energía geotérmica. Estas están divididas en:

- Concesiones en el norte: la Provincia del Loa, Región de Antofagasta (8.100 Ha); en la comuna de Ollagüe (1.280 Ha); en la comuna de Calama y La Torta (3.000 Ha); Olca, comunas de Pica- Ollagüe, Región de Antofagasta (2.500 Ha).
- Concesiones en el Centro/Sur: Laguna del Maule, comunas de San Clemente Colbún (4.000 Ha); Pellado, comunas de San Clemente-Colbún, Región del Maule (16.000 Ha), Peumayén, comunas de Quilaco-Curacautín, en las regiones de Biobío-Araucanía (2.250 Ha); Tinguiririca, San Fernando, Región de O'Higgins (6.175 Ha) (Electricidad, 2021).

El Cuadro 9.7 que sigue señala los principales proyectos de geotermia en vigencia. Cabe señalar que estos desarrollos dependen en alta medida de los acuerdos público-privados para avanzar en ellos, y que la confianza gobierno-empresa-comunidades juega un rol esencia para su éxito.

**Cuadro 9.7.** Proyectos de geotermia más avanzados en Chile.

Característica	Mariposa	Peumayén	Cerro Pabellón	Tinguiririca
Empresa desarrolladora	EDC / Enerco	Transmark	ENEL0	Energía Andina
MMUS\$ Invertidos en desarrollo	40	100	100	40
Potencial (P90)	240 MW	300 MW	114 MW	200 MW
Estrategia Desarrollo	100 MW (50 + 50)	100 MW (50 + 50)	48 + 33 + 33 MW	100 MW (50 + 50)
Ubicación	Laguna del Maule, VII región, Chile	Volcán Tolhuaca VIII-IX regiones, Chile	Ollagüe II región, Chile	Tinguiririca VI región, Chile
Fecha entrada (si se toma decisión en Q4 2018)	Q4 2021 (1° unidad) 2024 (2° unidad)	Q4 2021 (1° unidad) 2024 (2° unidad)	Q2 2020 (3° unidad) 2024 (4° unidad)	2023 (1° unidad) 2025 (2° unidad)

Fuente: Consejo Geotérmico, 2018.

### 9.7.2. Energía olamotriz (undimotriz)

Esta energía proviene de la energía cinética y potencial de las olas del mar. Se puede transformar en energía mecánica o eléctrica.

El potencial de esta energía es de 25KW/m y 110 KW/m, aproximadamente, en el sur según Ocean Energy Systems.<sup>6</sup> Cabe señalar que esta institución produce investigación y su sitio web contiene trabajos sobre desarrollos en otros temas como la energía térmica del mar.<sup>7</sup>

El sitio Reporte Sostenible (abril 2021) informa que un convertidor de energía de olas fue instalado por el Centro Tecnológico Meric y Enel Green Power en la costa

<sup>6</sup> Recuperado de <https://www.aprendeconenergia.cl/energia-undimotriz/>

<sup>7</sup> Recuperado de <https://www.ocean-energy-systems.org/>

de la región de Valparaíso. Este dispositivo permitirá estudiar la generación de energía marina en condiciones oceánicas reales (Reporte Sostenible, 2021).

Enel Green Power Chile, filial de energías renovables de Enel Chile, en conjunto lideró la instalación de un PB3 PowerBuoy, el primer convertidor a escala completa de energía de las olas frente a las costas de Las Cruces, en la Región de Valparaíso. El generador de energía marina instalado por Enel Green Power es el primero de su tipo en Latinoamérica y el quinto en el mundo.

### 9.7.3. Energía mareomotriz

Proviene del movimiento de las mareas, aprovechando o las corrientes mareales o los cambios en el nivel de las mareas.

Existen dos tipos de mareas: las vivas o sicigias y las muertas o cuadraturas.

- Mareas vivas o sicigias: se producen en las fases de luna llena y nueva, caracterizándose por el ascenso o descenso del agua
- Mareas muertas o cuadraturas: se producen en las fases cuarto creciente y menguante.

Se destaca el potencial existente en el sur de Chile respecto a esta energía, especialmente en el Canal de Chacao y el Estrecho de Magallanes. La prensa se ha hecho eco del tema que en Chile no hay desarrollo en la materia, a pesar de su enorme potencial de costas.<sup>8</sup>

## 9.8. ENERGÍAS RENOVABLES CONVENCIONALES (ERC)

---

En Chile, la biomasa utilizada como leña alcanza al 24% de la matriz energética primaria de Chile que entra al sistema. Su origen es fundamentalmente el recurso forestal con alguna presencia menor de otros vegetales.

No hay cifras recientes de estimaciones del potencial de generación adicional mediante biomasa. En 2015 (Altamirano, Adison et al.) ese potencial se estimó en 26.700 GWh, los que equivalen a una potencia instalada de unos 3.400 MW. Como referencia, esta cantidad es un poco menor que la actual potencia instalada en centrales de ciclo combinado que usan gas natural (3.900 MW). La estimación anterior no incluye el potencial crecimiento de la generación mediante biogás.

<sup>8</sup> El Heraldo Austral, agosto 2021.

De acuerdo a los antecedentes que entrega el Ministerio de Energía, en 2008 la energía biomasa tenía una capacidad instalada de generación de 166,4 MW. Y se estima que para 2025, su potencia bruta será de 14.000 MW (Universidad Técnica Federico Santa María, 2011).

Según las cifras anteriores, la biomasa tiene todavía un potencial de crecimiento interesante para la generación eléctrica. Eso sí, ese crecimiento enfrenta varios desafíos dentro de los que se pueden mencionar la competencia por el uso del territorio, las dificultades que se observan en la aceptación de proyectos por parte de las comunidades cercanas y la necesidad de hacer que el suministro de biomasa sea continuo y en las cantidades requeridas para dar seguridad a su generación eléctrica, por mencionar tan solo los más importantes (Finat, 2022).

El Ministerio de Energía está trabajando en una nueva ley de biocombustibles sólidos, cuyo objetivo apuntaría a regularizar el mercado de la leña, uno de los formatos de la biomasa, específicamente su fiscalización por contenidos de humedad. Esta es la fuente de la contaminación atmosférica que sufren diversas ciudades del sur de Chile.<sup>9</sup>

Al respecto, el Estado hablando de incentivar la producción de pellets (madera procesada) para evitar la quema de leña. En un año más debiese comenzar a operar en Aysén una planta de pellets, proyecto que cuenta con una inversión de 3.500 millones de pesos y que será levantado por la empresa Ecomas, una de las principales productoras y distribuidoras de este producto en el país (Cooperativa.cl, 2022).

## 9.9. ENERGÍAS FÓSILES

---

Hay impactos importantes de la energía fósil en Chile como fuentes energéticas de la actividad productiva y doméstica. Se han señalado antes sus elementos contaminantes, la degradación de entorno por su producción, el daño a la fauna y flora, los efectos sobre la salud y muchos otros; a la par que están estigmatizadas por ser la principal causa de la generación de CO<sub>2</sub> y otros gases degradantes de la capa de ozono; en otras palabras, de ser responsables del cambio climático de origen antrópico de las últimas décadas.

---

<sup>9</sup> Recuperado de Revista Nueva Minería y Energía, octubre 2022.

El combustible que más impacto tiene en Chile es el petróleo crudo puesto que es el que más aporta a la matriz energética. El petróleo crudo se utiliza principalmente en la fabricación de combustibles, pero también en la utilización de parafina para la calefacción del hogar. También se utiliza como compuesto en otros materiales como el PVC el cual tiene múltiples usos. Toda la industria del plástico y sus aplicaciones en campos diversos, incluyendo telecomunicaciones, computadoras, amoblado, recipientes, embalajes, automóviles, y un largo etcétera es, mayoritariamente, plástico derivado del petróleo.

Seguido a este encontramos el carbón. Este combustible fósil actualmente es el que más aporta a la huella de carbono debido principalmente a las termoeléctricas a carbón y su gran impacto ambiental. Estas son responsables del 91% de las emisiones totales de dióxido de carbono del parque eléctrico y más del 80% en todo el resto de partículas tóxicas que se emiten en el aire (Claro, 2019; Chile Sustentable, 2018).

Por último, se encuentra el gas natural que de los tres combustibles fósiles principales es el menos contaminante, por eso se ha tomado como una de las principales energías a futuro para poder realizar una transición a las ERNC menos dañina, tanto para la producción eléctrica como para el medio ambiente (Asociación Gas Natural, 2022).

Tanto el tema del carbón como el del gas natural están tratados en el capítulo de este Informe País correspondiente a los sectores Minería e Hidrocarburos. Señalamos también que los temas de contaminación atmosférica están profundizados en el capítulo de aire.

## 9.10. EL CAMINO HACIA UNA POLÍTICA ENERGÉTICA SUSTENTABLE

---

Las líneas estratégicas fundamentales a seguir son las siguientes:

- **Inversión:** para poseer una alta participación de las ENRC y cumplir con los objetivos institucionales, tanto a nivel nacional como internacional, es necesario invertir en proyectos e I+D+i que permitan la creación y eficacia de estos, haciendo así que estas energías posean un rol más protagónico dentro de la matriz energética. Tal como se presenta el panorama actual hay indicios favorables, aunque no se puede pensar de manera autárquica o behaviorista en la materia, ya que el tema de la energía es crucial en estos tiempos de globalización. Cualquier país puede ver seriamente

menoscabados sus deseos de cambio, y la posibilidad de cometer errores graves (como lo fue en su momento confiar en el gas natural importado), debe ser evaluada.

- **Descentralización:** es crucial para el desarrollo del sistema energético en todos sus niveles la existencia de un sistema que permita la descentralización tanto de su uso, como de su fuente, de su manejo, etc. Esto debido a que a través de un sistema descentralizado se podría mejorar la accesibilidad de la energía para todas las personas y el tratamiento de problemas específicos para cada región, un factor fundamental para lograr un desarrollo que efectivamente permita que en las regiones queden los frutos de la utilización sustentable de su patrimonio de recursos naturales.
- **Medio ambiente:** es crucial para la situación ecológica mundial esta línea estratégica, cosa que ya ha ratificado Chile mediante acuerdos y el establecimiento de metas de logro con respecto al sector energético. Por esto, todas las decisiones que se realizan en torno a la energía deben tener como pilar un enfoque sustentable desde el punto de vista de las amenazas del calentamiento global, del cual Chile es un país que se está viendo afectado de manera significativa.

Este conjunto de líneas estratégicas se profundizarán con mayor detalle en la Cuarta Parte de este informe, referida a la propuesta de cambio en el estilo desarrollo.

## 9.11. Conclusiones generales

---

El paso del Informe País 2018 al actual, ha cambiado el panorama del tema energía en el país, que ha dado un vuelco debido sobre todo a:

- El proyecto de nueva constitución, el cual aun cuando fue rechazado por la población en un plebiscito, contiene elementos que en cualquier propuesta alternativa deberían incorporarse, si es que se desea hacer un cambio estratégico en la orientación del país en el tema de la energía, y como una respuesta a la aún vigente visión de la sociedad chilena por una transformación en materia constitucional.
- La política del gobierno entrante, que se ha autodefinido con un enfoque ambientalista, entre otros conceptos, y por lo tanto debería ir empujando estrategias de recambio en materia energética, lo cual es un pilar fundamental en cualquier propuesta de sociedad más inclinada hacia la sustentabilidad y así superar algunos problemas ya endémicos en materia de contaminación, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y otros factores de alta relevancia sobre todo a nivel regional y local, y que están ligados con la energía y sus consecuencias.
- El contexto internacional, que ha cambiado con la guerra Rusia-Ucrania, y que significará sea exigencias mayores o relajos en materia de política

energética y sus implicancias ambientales, con efectos sean positivos o negativos para la calidad del medio ambiente en Chile, y que seguirá siendo clave dada la dependencia del país en los combustibles fósiles, de los cuales carece de reservas y lo hace un importador neto.

El país se halla en un proceso de transición hacia energías más limpias, sobre todo ERNC. Aún cuando la cantidad de iniciativas de inversión en la materia es grande, por mucho que algunas se hayan revelado inciertas, permite señalar que, si la política del gobierno se consolida, logra involucrar a los sectores privados, y favorecer vía instrumentos de fomento e incentivo a los sectores productivos, podrá apurar los avances deseados, y con eso descarbonizar sus actividades y reducir los efectos ambientales negativos de las energías sucias. No solo las energías fósiles (petróleo, carbón) sino también la ERC, en especial el uso de biomasa vegetal.

Todo esto sin olvidar que está por medio el objetivo de toda política ambiental, que es mejorar la calidad ambiental sobre la base de mejores prácticas, en especial en los sectores productivos, aunque también en la población; ya que, como se ha señalado, es necesario cumplir con los compromisos internacionales de cambio climático y por ende acceder a los tradicionales y nuevos instrumentos que han surgido de las últimas convenciones.

En el marco de lo anterior, no se puede dejar de señalar los esfuerzos importantes que se deben hacer para asegurarse un lugar entre los productores mundiales relevantes de H<sub>2</sub> verde, considerado una fuente de energía del futuro. Esto porque la presencia de ERNC es aún escasa en la matriz primaria, aunque se señalan avances en la generación eléctrica; éstas son fundamentales para que el H<sub>2</sub> verde sea realmente una opción limpia. Al respecto, se han reportado importantes proyectos de ERNC, los datos son aún inciertos, hay un tema coyuntural, potencial crisis del sector, por quiebras y exigencias ambientales, por sus dificultades para acceder a los mercados de distribución.

Por último, una condicionante global: el sector energía (generación, importación y distribución) está fundamentalmente en manos privadas; en otras palabras, no habrá avance sin armonizar los deseos del gobierno y los intereses privados, utilizando los instrumentos que están disponibles, empezando por los acuerdos público-privados y/o privado-públicos. Esto debe ser central en la política energética nacional.

## 9.12. BIBLIOGRAFÍA

---

- ACERA. (2022). CNE: 2022 parte con 166 proyectos ERNC en construcción por 4.473 MW a incorporar. Recuperado de [https://acera.cl/cne-2022-parte-con-166-proyectos-ernc-en-construccion-por-4-473-mw-a-incorporar/#:~:text=Un%20total%20de%20166%20proyectos,Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%20\(CNE\).](https://acera.cl/cne-2022-parte-con-166-proyectos-ernc-en-construccion-por-4-473-mw-a-incorporar/#:~:text=Un%20total%20de%20166%20proyectos,Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%20(CNE).)
- Alcalde, S. (03 de enero de 2023). Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo. National Geographic España. Recuperado de [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo\\_14897](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897)
- Aleasoft Energy Forecasting. (15 de diciembre de 2020). El hidrógeno y toda su gama de colores. El periódico de la energía. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/el-hidrogeno-y-toda-su-gama-de-colores/>
- Antofagasta Minerals. (2022). Parque Eólico El Arrayán: energía más limpia para Los Pelambres. Recuperado de <https://web.pelambres.cl/comunicaciones/noticias/2018/parque-e%C3%B3lico-el-array%C3%A1n-energ%C3%ADa-m%C3%A1s-limpia-para-los-pelambres/>
- Asociación Gas Natural. (2022). Qué es el gas natural. Recuperado de <https://www.agnchile.cl/gas-natural/>
- Atacama Hydrogen Hub. (2022). Paracelsus, a large-scale electrolysis facility sun powered. Recuperado de <https://atacamahydrogenhub.com/>
- AustriaEnergy. (2021). Green Hydrogen. Recuperado de <https://www.austriaenergy.com/en/green-hydrogen/>
- Cabello, M. (01 de junio de 2020). Enel Green Power construye extensión del parque solar Finis Terrae. Reporte Minero. Recuperado de <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2020/06/enel-green-power-construye-extension-del-parque-solar-finis-terrae#:~:text=Enel%20Green%20Power%20Chile%20inici%C3%B3,286%20MW%20de%20potencia%20instalada.>
- Calaza, H. (05 de noviembre de 2021). Todo sobre el hidrógeno verde que se produciría en Argentina. Recuperado de <https://noticias.autocosmos.cl/2021/11/05/todo-sobre-el-hidrogeno-verde-que-se-produciria-en-argentina>

- Campos, C. (19 de diciembre de 2019). Para Pymes y privados: la guía de concursos que financian proyectos de energía solar en Chile. La Tercera. Recuperado de <https://www.latercera.com/tiempo-de-actuar/noticia/pymes-privados-la-guia-concursos-financian-proyectos-energia-solar-chile/945909/>
- Carey, A. (2021). Hidrogeno verde: una revolución en la Constitución. Diario Sustentable. Recuperado de <https://www.diariosustentable.com/2021/03/hidrogeno-verde-una-revolucion-en-la-constitucion/>
- Centro de Excelencia de Geotermia de Los Andes. (2022). Geotermia en Chile. Recuperado de <http://www.cega-uchile.cl/informacion-de-interes/geotermia-en-chile/>
- Chile Sustentable. (2018). Impactos de las termoeléctricas a carbón en la salud de la población local. Recuperado de <https://www.chilesustentable.net/publicacion/impactos-de-las-termoelectricas-a-carbon-en-la-salud-de-la-poblacion-local/>
- Claro, H. (10 de octubre de 2019). El impacto ambiental de las 6 centrales a carbón que cerrarán en 2024. El Dínamo. Recuperado de <https://www.eldinamo.cl/pais/2019/10/10/el-impacto-ambiental-de-seis-centrales-a-cerrar-en-2024/>
- Colbun. (2022). Parque eólico horizonte. Recuperado de <https://horizonte.colbun.cl/>
- Consejo Geotérmico. (2018). Geotermia como alternativa de reemplazo al carbón. Recuperado de [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/20180925\\_presentacion\\_consejo\\_geotermico\\_-\\_sesion\\_5.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/20180925_presentacion_consejo_geotermico_-_sesion_5.pdf)
- Cooperativa.cl. (06 de octubre de 2022). Planta productora de pellet se instalará en Coyhaique.
- Cooperativa.cl. Recuperado de <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-aysen/planta-productora-de-pellet-se-instalara-en-coyhaique/2022-10-06/181724.html>
- Cooperativa.cl. (26 de octubre de 2022). Anuncian proyecto de hidrógeno verde por 6.000 millones de dólares en Tierra del Fuego. Cooperativa.cl. Recuperado de <https://cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-magallanes/anuncian-proyecto-de-hidrogeno-verde-por-6-000-millones-de-dolares-en/2022-10-26/143611.html>

- EDF Renewables. (2022). Bolero. Recuperado de <https://www.edf-renouvelables.com/en/project/bolero/>
- Electricidad. (2017). El Romero Solar: Se inaugura la planta fotovoltaica en operación más grande de América Latina. Recuperado de <https://www.revistaei.cl/reportajes/el-romero-solar/>
- Electricidad. (2020). Hidrógeno verde: Qué es, cómo se produce y cuál es su «impresionante» potencial en Chile. Recuperado de <https://www.revistaei.cl/2020/01/24/hidrogeno-verde-que-es-como-se-produce-y-cual-es-su-impresionante-potencial-en-chile/>
- Electricidad. (2021). Geotermia: concesiones de explotación vigentes en Chile totalizan más de 43.000 hectáreas. Recuperado de <https://www.revistaei.cl/2020/03/27/geotermia-concesiones-de-explotacion-vigentes-en-chile-totalizan-mas-de-43-000-hectareas/#>
- ENEL. (2022a). Planta Solar Finis Terrae. Recuperado de <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/planta-solar-finis-terrae.html>
- ENEL. (2022b). Parque Eólico Sierra Gorda Este. Recuperado de <https://www.enel.cl/es/conoce-enel/nuestras-centrales/parque-eolico-sierra-gorda-este.html>
- ENEL Perú. (2018). ¿Qué es la energía eólica y cómo funciona? Recuperado de <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-y-como-funciona.html>
- Energy Partnership Chile-Alemania. (2022). Acerca de la Energy Partnership. Recuperado de <https://www.energypartnership.cl/es/home/>
- ENGIE Chile. (Productor). (05 de noviembre de 2020). Proyecto HyEx. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DQpdXEgREBk>
- ENGIE Chile. (2021). ENGIE INGRESA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EVALUAR PILOTO INDUSTRIAL DE HIDRÓGENO VERDE EN ANTOFAGASTA. Recuperado de <https://www.engie.cl/engie-ingresa-declaracion-de-impacto-ambiental-para-evaluar-piloto-industrial-de-hidrogeno-verde-en-antofagasta/>
- Espinoza, D. (28 de octubre de 2021). Hidrógeno Verde: Egresada lucha por impulsar el "combustible del futuro" en nuestro país. Facultad de Comunicación e Imagen. Recuperado de <https://fcej.uchile.cl/noticias/181198/egresada-lucha-por-factibilidad-economica-del-hidrogeno-verde-en-chile>

- Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCAB). (2021). FCAB proyecta transformar locomotoras 100% a Hidrógeno Verde. Recuperado de <https://www.fcab.cl/2021/10/25/fcab-proyecta-transformar-locomotoras-100-a-hidrogeno-verde/>
- Finat, C. (22 de agosto de 2022). Biomasa: Oportunidades para la transición energética. Revista Nueva Minería y Energía. Recuperado de <https://www.nuevamineria.com/revista/biomasa-oportunidades-para-la-transicion-energetica/>
- Fundación Chile (FCh). (2022). Una oportunidad estratégica para Chile : Hidrógeno verde. Recuperado de <https://fch.cl/iniciativa/hidrogeno-verde/>
- García, N. (2021a). Matriz energética y eléctrica en Chile. Recuperado de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN\\_Matriz\\_energetica\\_electrica\\_en\\_Chile.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf)
- García, N. (2022b). Carbono neutralidad en el sector energético de Chile. Recuperado de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32578/1/BCN\\_Carbononeutralidad\\_en\\_el\\_sector\\_energetico\\_Chile\\_15Oct.\\_Rev.\\_RT01\\_edPM.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32578/1/BCN_Carbononeutralidad_en_el_sector_energetico_Chile_15Oct._Rev._RT01_edPM.pdf)
- Generadoras de Chile. (2019). Energía eólica: Consolidando proyectos. Recuperado de <http://generadoras.cl/prensa/energia-eolica-consolidando-proyectos>
- Gestacur. (2022). Parque Conejo Solar. Recuperado de <https://www.gestacur.com/proyectos/parque-conejo-solar/#:~:text=Parque%20Conejo%20Solar%20El%20proyecto%20Conejo%20Solar%20consiste,total%20de%201%2C26%20millones%20de%20m%C3%B3dulos%20fotovoltaicos%20solares>
- Glenk, G., & Reichelstein, S. (2019). Economics of converting renewable power to hydrogen. *Nature Energy*, 4, 216-222. doi: 10.1038/s41560-019-0326-1
- Guillou, V. (06 de octubre de 2022). El retiro de un proyecto eólico por US\$ 500 millones: lo que acusan las empresas y lo que responden las autoridades. La Tercera. Recuperado de <https://www.latercera.com/pulso/noticia/el-retiro-de-un-proyecto-eolico-por-us-500-millones-lo-que-acusan-las-empresas-y-lo-que-responden-las-autoridades/4WJVZ3BDG5HKFDHQ3QXU34N6H4/>

- Ini, L. (11 de agosto de 2022). La fotovoltaica aumentó en un año un 41% su aporte a la generación de la electricidad en Chile. Pv Magazine. Recuperado de <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/08/11/la-fotovoltaica-aumento-en-un-ano-un-41-su-aporte-a-la-generacion-de-la-electricidad-en-chile/>
- Latin America Power. (2022). Parque Eólico San Juan. Recuperado de <https://parquesanjuan.com/>
- Ministerio de Energía. (2015). Guía para la elaboración de Planes Energéticos Regionales : Estructura y Contenidos. Recuperado de <https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/554>
- Ministerio de Energía. (2018). Sarco: Parque Eólico instalado en Freirina presenta un 80% de avance en su construcción. Recuperado de <https://energia.gob.cl/noticias/atacama/sarco-parque-eolico-instalado-en-freirina-presenta-un-80-de-avance-en-su-construccion>
- Ministerio de Energía. (2021). Anuario Estadístico de Energía. Recuperado de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2022/07/AnuarioEstadisticoEnergia2021.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2021. Estrategia Climática de Largo Plazo 2050. Recuperado de <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/estrategia-climatica-de-largo-plazo-2050/descripcion-del-instrumento/>
- Munita, I. (23 de agosto de 2022). Presidente anuncia la producción de la primera molécula de hidrógeno verde en Chile: "Es una nueva industria". Emol. Recuperado de <https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/12/08/1080499/reglamento-potencia-critica-sector-electrico.html>
- Munita, I. (08 de diciembre de 2022). Alerta en sector energético: Industria en picada contra nuevo y "crucial" reglamento de potencia que prepara el Gobierno. Emol. Recuperado de <https://www.emol.com/noticias/Economia/2022/12/08/1080499/reglamento-potencia-critica-sector-electrico.html>
- Molina, T. (26 de agosto de 2021). El mayor exportador mundial a 2040: El potencial de la naciente industria del hidrógeno verde en Chile. Emol. Recuperado de <https://www.emol.com/noticias/Economia/2021/08/26/1030746/hidrogeno-verde-potencial-industria-chile.html>

- Muñoz, J. (20 de diciembre de 2021). Empresa chilena inicia producción de hidrógeno verde: un Porsche es el primero en llenar el estanque. BioBio Chile. Recuperado de <https://www.biobiochile.cl/noticias/economia/negocios-y-empresas/2022/12/20/empresa-chilena-inicia-produccion-de-hidrogeno-verde-un-porsche-es-el-primero-en-llenar-el-estanque.shtml>
- Mursell, K. (17 de diciembre de 2022). En La Serena y Coquimbo inyectan hidrógeno verde a redes de gas natural. Cooperativa.cl. Recuperado de <https://cooperativa.cl/noticias/pais/regiones/en-la-serena-y-coquimbo-inyectan-hidrogeno-verde-a-redes-de-gas-natural/2022-12-17/133859.html>
- Next City Labs. (19 de agosto de 2021). El futuro de la energía solar en el mundo. Recuperado de <https://nextcitylabs.com/global/es/el-futuro-de-la-energia-solar-en-el-mundo/>
- Osorio, J.C., Pérez, J., y Reyes, L. (2021). Hidrógeno Verde en Chile: ¿la gran oportunidad para crear un modelo de desarrollo ejemplar? Recuperado de <https://www.ciperchile.cl/2021/05/29/hidrogeno-verde-en-chile-la-gran-oportunidad-para-crear-un-modelo-de-desarrollo-ejemplar/>
- Pares & Alvarez. (2022). Campo Solar “Luz del Norte”. Recuperado de <https://www.pya.cl/sector/campo-solar-luz-del-norte/>
- Peña, K. (24 de agosto de 2021). El boom del hidrógeno verde sigue creciendo en Chile: se triplican los proyectos y se concentran en cuatro regiones. Diario Financiero. Recuperado de <https://www.infraestructurapublica.cl/wp-content/uploads/2021/08/Proyectos-de-hidrogeno-verde-en-Chile-se-triplican-y-se-concentran-en-Antofagasta-Valparaiso-Biobio-y-Magallanes-Diario-Financiero.pdf>
- Peña, K. (09 de septiembre de 2021). Gasvalpo se une a apuestas por el hidrógeno verde y presenta proyecto para inyectarlo en redes de gas. Diario Financiero. Recuperado de <https://www.df.cl/empresas/energia/gasvalpo-se-une-a-apuestas-por-el-hidrogeno-verde-y-presenta-proyecto>
- Reporte Sostenible. (22 de abril de 2021). Energía undimotriz: Instalan en Chile el primer convertidor de energía de olas a escala completa. Reporte Sostenible. Recuperado de <https://reportesostenible.cl/blog/energia-undimotriz-instalan-en-chile-el-primer-convertidor-de-energia-de-olas-a-escala-completa/#:~:text=Hidr%C3%B3geno%20febrero%202020-,Energ%C3%ADa%20undimotriz%3A%20Instalan%20en%20Chile%20el%20primer%20convertidor%20de,de%20olas%20a%20escala%20completa&text=El%20convertidor%20de%20energ%C3%ADa%20de,de%20la%20Regi%C3%B3n%20de%20Valpara%C3%ADso.>

- Reporte Sostenible. (07 de enero de 2020). En funcionamiento parque Eólico Aurora, el más grande de Los Lagos. Reporte Sostenible. Recuperado de <https://reportesostenible.cl/blog/en-funcionamiento-parque-eloico-aurora-el-mas-grande-de-los-lagos/>
- Repsol. (2022). La energía del viento. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-eolica/index.cshtml#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20en%20funci%C3%B3n,energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20offshore.%20Energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20terrestre%20u%20onshore>
- Romero, R. (2015). Perspectivas de desarrollo de la Energía Solar en Chile SERC como caso de estudio (memoria de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rudnick, H. (s.f). Contexto y marco legal de los PMGD en Chile. Recuperado de [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/impact/Impacto\\_de\\_PMGD/Contexto\\_y\\_Marco\\_Legal\\_de\\_los\\_PMGD\\_en\\_Chile.htm](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/impact/Impacto_de_PMGD/Contexto_y_Marco_Legal_de_los_PMGD_en_Chile.htm)
- Salazar, D. (09 de diciembre de 2022). Transición Energética Acelerada o Precipitada. La Tercera. Recuperado de <https://www.latercera.com/opinion/noticia/columna-de-daniel-salazar-transicion-energetica-acelerada-o-precipitada/2BW2XP2OFJBHJAWAGNWDEQNOYM/>
- Sánchez, P. (20 de agosto de 2020). Luz del Norte, en Chile, es la primera planta solar del mundo en ofrecer servicios auxiliares de red. Pv Magazine. Recuperado de <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/08/20/luz-del-norte-en-chile-es-la-primera-del-mundo-en-ofrecer-servicios-de-red/>
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2020). GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DE CENTRALES EÓLICAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SEIA. Recuperado de [https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2020/03/13/guia\\_dp\\_centrales\\_eolicas\\_version\\_2.pdf](https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2020/03/13/guia_dp_centrales_eolicas_version_2.pdf)
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022a). Ficha del Proyecto: Parque Eólico Entre Ríos. Recuperado de [https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2139246650](https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2139246650)
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022b). Ficha del Proyecto: PARQUE EÓLICO OVEJERA SUR. Recuperado de [https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2151788123](https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2151788123)

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022c). Ficha del Proyecto: Parque Eólico Culenco. Recuperado de [https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id\\_expediente=2151873849](https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2151873849)

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2022d). Participación Ciudadana y Consulta Indígena. Recuperado de <https://www.sea.gob.cl/participacion-ciudadana-y-consulta-indigena>

TCI GECOMP. (2022). HOASIS. Recuperado de <https://tci-gecomp.com/project/hoasis/>

Tesla Energy. (2021). Energía Solar en Chile. Recuperado de <https://teslaenergy.cl/energia-solar-en-chile/>

The International Energy Agency (IEA). (2022). Data and statistics. Recuperado de <https://www.iea.org/data-and-statistics>

Universidad Técnica Federico Santa María. (2011). Biomasa en Chile: Una fuente viva y natural de energía. Recuperado de <https://noticias.usm.cl/2011/02/11/biomasa-en-chile-una-fuente-viva-y-natural-de-energia/#:~:text=Situaci%C3%B3n%20en%20Chile,bruta%20ser%C3%A1%20de%2014.000%20MW>

Uribe, M. (29 de enero de 2021). Investigadores del Núcleo INVENT UACH integran proyecto iberoamericano en torno al hidrógeno verde. Diario UACH. Recuperado de <https://diario.uach.cl/investigadores-del-nucleo-invent-uach-integran-proyecto-iberoamericano-en-torno-al-hidrogeno-verde/>

Vásquez Elías, J. (2013). Cogeneración solar: integración entre minería y energía (memoria de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.



FACULTAD DE  
**GOBIERNO**  
UNIVERSIDAD DE CHILE

CENTRO DE ANÁLISIS  
DE POLÍTICAS  
PÚBLICAS