



Konrad
Adenauer
Stiftung

S
E
R
I
E
D
E
E
S
T
U
D
I
O
S

EL APOORTE DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES A LA MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE



Edmundo Claro
Juan Pablo Arístegui
Esteban Tomic
Francisco Aránguiz

Chile 2016

Los autores

Edmundo Claro Rodríguez es Ingeniero Industrial. Licenciado en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica de Chile, PhD en Economía Ambiental de la Universidad de Cambridge. Ha trabajado en materias relacionadas con la gestión ambiental, el desarrollo sustentable y el cambio climático en organizaciones gubernamentales, en el sector privado, la academia y la sociedad civil. Actualmente es consultor independiente.

Juan Pablo Arístegui Sierra es abogado. Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Chile. Magister en Estudios Internacionales de la Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, España y candidato a doctor en la misma Universidad. Profesor de Derecho Internacional del Medio Ambiente. Abogado de la Oficina de Asuntos Internacionales del Ministerio del Medio Ambiente.

Esteban Tomic Errázuriz es abogado. Director del Departamento Internacional del Estudio Cruz y Cia. Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Estudios de Post Grado en la Universidad Libre de Berlín (1964-1967) y en la Universidad de Lleida (1995-1996). Presidente del Centro Jurídico de Implementación del Libre Comercio. Miembro del Grupo de Energías Renovables de la Cámara Chileno Alemana de Comercio.

Francisco Aránguiz Mardones es abogado. Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad de Chile. Actualmente trabaja como investigador en la actualización de esta publicación para la Fundación Konrad Adenauer y participa de la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria. Ha participado en variadas publicaciones en materia de Energías Renovables no Convencionales (ERNC) y eficiencia energética. Es coordinador del Grupo de ERNC del Centro Democracia y Comunidad (CDC).

Esta publicación redactada por Francisco Aránguiz Mardones es una actualización de la publicación: “Desafíos y oportunidades de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la matriz eléctrica de Chile” de los autores Edmundo Claro, Juan Pablo Arístegui, y Esteban Tomic, Santiago de Chile, 2016.

El texto es de exclusiva responsabilidad de los autores y no expresa necesariamente el pensamiento de la Fundación Konrad Adenauer.

Fundación Konrad Adenauer
Oficina en Chile
Enrique Nercasseaux 2381
Providencia
Santiago de Chile

Tel: 0056-2-234 20 89

Página web: www.kas.de/chile

Índice.

Índice.....	3
1. Resumen ejecutivo.....	5
2. Introducción	9
3. Marco conceptual	12
3.1. <i>Desarrollo sustentable, economía verde y electricidad de fuente ERNC</i>	12
3.2. <i>Beneficios de la generación de electricidad basada en fuentes ERNC</i>	14
3.2.1. Beneficios ambientales.....	15
3.2.2. Beneficios sociales.....	16
3.2.3. Beneficios económicos.....	18
3.3. <i>Participación de la energía renovable en la generación de electricidad a nivel global</i>	22
3.4. <i>Barreras de entrada para electricidad proveniente de ERNC en Chile</i>	29
3.4.1. Barreras de tipo empuje tecnológico	31
3.4.2. Barreras de tipo arrastre de mercado	33
4. El desarrollo actual de las ERNC en Chile	39
4.1. Impulsores específicos para la generación de la electricidad mediante ERNC en Chile 39	
4.1.1. Potencial de electricidad generada mediante ERNC en Chile.....	39
4.1.2. Evolución de los precios de la electricidad y maduración tecnológica.....	41
4.1.3. Fomento de las ERNC en Chile. Antecedentes	43
4.1.4. Marco regulatorio - Normativa eléctrica	45
4.1.5. Planes, políticas y programas de fomento a las ERNC.....	49
4.2. <i>Participación de la electricidad basada en fuentes de ERNC en Chile</i>	54
4.3. <i>Barreras a la electricidad basada en fuentes de ERNC en Chile</i>	61
4.3.1. Barreras de tipo empuje tecnológico	61
4.3.2. Barreras de tipo arrastre de mercado	63
5. Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad generada mediante fuentes de ERNC.....	66
5.1. <i>Instrumentos de tipo empuje tecnológico</i>	67
5.1.1. Financiamiento público directo para la innovación tecnológica.....	67
5.1.2. Estimulación de redes y asociaciones de desarrollo colaborativas	67
5.1.3. Educación y capacitación.....	68
5.1.4. Transferencia tecnológica	68
5.1.5. Provisión de capital de riesgo	68
5.2. <i>Instrumentos de tipo arrastre de mercado</i>	69

5.2.1.	Estándares de portafolios de renovables	69
5.2.2.	Precio a las emisiones de CO ₂	69
5.3.	<i>Instrumentos de política para superar las barreras a la electricidad ERNC en Chile</i>	70
5.3.1.	Nuevas herramientas para abordar las barreras de las ERNC en Chile.....	74
6.	Discusión y conclusiones.....	79
6.1.	<i>Aspectos generales</i>	79
6.2.	<i>La importancia de superar la escasez de capital de riesgo</i>	80
6.3.	<i>La importancia de ponerle precio a las emisiones de CO₂</i>	80
6.4.	<i>Estrategias nacionales de energía y fomento a la electricidad generada mediante ERNC</i>	81
6.5.	<i>La planificación territorial en Chile</i>	81
7.	Reflexión final: la justicia en la evaluación ambiental.....	83
8.	Bibliografía.....	87

1. Resumen ejecutivo.

Durante los últimos cuatro años en Chile la electricidad proveniente de ERNC (Energía Renovable No Convencional) ha experimentado un importante crecimiento. La potencia instalada en base a tecnologías ERNC, al 30 de enero del 2016, asciende a un total de 2.806 MW, según el reporte mensual del CIFES [Centro Innovación y Fomento de las Energías Sustentables]. Sin embargo, se estima que la participación actual en la matriz eléctrica de este tipo de fuentes de generación está por debajo de su potencial económico. Esto es generalmente atribuido a la presencia de diversos obstáculos que dificultan la materialización de proyectos eléctricos basados en ERNC, aparentemente costo-efectivos.

Debido a esto, hace cuatro años se desarrolló este estudio, destinado a identificar las barreras que dificultan el desarrollo de proyectos de generación de energía en base a ERNC en Chile, y los instrumentos para superarlas. Dada la importancia de las ERNC en Chile y los cambios experimentados en estos últimos años, surge la necesidad de actualizar este estudio a las nuevas realidades que rodean el desarrollo de proyectos de ERNC.

Los esfuerzos para desarrollar las ERNC de la industria, investigadores, hacedores de políticas y empresas han surtido efecto, pero aún existe un largo camino que recorrer. Las expectativas que se tenían respecto al desarrollo de las ERNC en Chile hace diez años, han aumentado, así como la confianza y la importancia en este tipo de energía¹. A nivel mundial, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés), afirma que “ [...] la capacidad de energía renovable de todo el mundo ha crecido un 85% en los últimos diez años (IRENA, 2015), hoy día, las energías renovables constituyen un 22,8% de toda la potencia instalada, de los cuales un 16,6% corresponde a energía hidráulica, un 3,1% a energía eólica, un 1,8% a bioenergía, un 0,9% a energía solar fotovoltaica y un 0,4% a geotermia, Concentration Solar Power (CSP) y oceánica (REN 21, 2015).”

Sumado al gran potencial de la electricidad producida en base a ERNC, debemos considerar que las reservas de combustibles fósiles se encuentran en declive, quedando tan sólo reservas probadas para los próximos 53 años de producción (Garza, 2015). Esto, sumado a los esfuerzos por disminuir los efectos del cambio climático y las emisiones de CO₂ en la generación de electricidad, hace de las ERNC una opción más que interesante para la generación eléctrica.

A nivel mundial pese al declive de los precios del petróleo, en el sector energético las inversiones en energía renovable superaron las inversiones netas en plantas de energía

¹ En el año 2008, atendiendo a las señales ambientales del mercado, así como la capacidad tecnológica disponible, se estimó que el potencial de ERNC en Chile le permitía alcanzar un 10% de generación de energía basada en ERNC al año 2024, meta que fue formulada en la Ley 20.257. En el año 2013, atendiendo las nuevas condiciones tecnológicas y la baja de los precios de generación, mediante la Ley 20.698 se estableció como meta alcanzar un 20% de generación en base a fuentes de ERNC al año 2025 (la llamada “Ley 20/25”).

de combustibles fósiles: durante el año 2015 se alcanzó un nuevo récord de \$329.000 millones de dólares en la inversión en plantas de energías renovables. En el año 2014, la cifra mundial en materia de inversión de ERNC alcanzó un monto de US\$310.000 millones y el año 2013 a \$260.400 millones de dólares (Bloomberg, 2016). La inversión global en energías renovables en todo el mundo ascendió el año pasado a 286.000 millones de dólares (256.000 millones de euros), lo que supone un nuevo máximo histórico anual gracias a los desembolsos realizados por los países en desarrollo (un 19% más), que superaron por primera vez a los de las naciones más ricas (un 8% menos). La inversión mundial en energías renovables (eólica, solar, biomasa, biocombustibles, geotérmica, marina y pequeñas centrales hidroeléctricas) fue en 2015 más del doble de la destinada a centrales eléctricas de carbón y gas, que se cifra en 130.000 millones de dólares (116.000 millones de euros). (Bloomberg, 2016).

En Chile, pese a los grandes avances alcanzados en los últimos años, persisten barreras importantes para el desarrollo de proyectos de ERNC, tanto a nivel legal, especialmente en materia de generación distribuida (GD) y reconocimiento de externalidades positivas de las ERNC, así como barreras de mercado, especialmente financieras REV. Junto con esto uno de los grandes desafíos que perdura en nuestro país, así como en toda la región latinoamericana, es la Generación distribuida (GD) o descentralización de la energía. Por GD entendemos la producción de electricidad a pequeña escala realizada directamente en el mismo sitio donde se utiliza (o muy cercano a este), en contraposición a la producción centralizada que se produce en un sitio lejano donde se consume (Chacón et al. 2015). Esta forma de producción de energía tiene relación con la generación de energía por medio de múltiples fuentes de generación pequeñas, en oposición a un sistema de generación centralizado (Herrera, 2009), y ha logrado un importante desarrollo en países líderes en materia de ERNC como Alemania, y el estado de California en los Estados Unidos de América (Chacón et al. 2015). En Latinoamérica por el mayor porcentaje de zonas rurales, aisladas y poco desarrolladas en comparación con los países desarrollados, la GD es una opción muy interesante.

Este proceso descentralizador puede ser materializado a través de fuentes de energía renovable (generación eólica, solar, biodiesel) o a través de combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo). Sin embargo, la modalidad que está teniendo mayor crecimiento en cuanto a GD en el mundo, es la asociada a fuentes de energía renovable, ya que éstas pueden ser aprovechadas en el lugar que se encuentran. Dada su ubicación cerca de la demanda, la GD puede contribuir a la disminución de pérdidas de energía por transmisión y al mejoramiento del perfil de tensiones (Porkar et al, 2010). Este modelo de producción de energía democratiza las decisiones y los beneficios del sector eléctrico.

Otro de los grandes desafíos del país, concentrándonos en el sector eléctrico, es avanzar hacia una economía verde, la cual fija como objetivo generar un crecimiento económico que va de la mano con bajas emisiones de carbono (COP 21.2015), un uso eficiente de los recursos naturales y con mecanismos de inclusión social (Sustainable energy for all, 2015). Para lograr este objetivo corresponde aumentar la participación de las energías renovables no convencionales (ERNC) en la matriz eléctrica nacional. Esto no sólo reduce significativamente las emisiones de carbono a la atmósfera, sino que trae consigo diversos beneficios económicos y sociales para Chile. Mientras entre los primeros se destacan una mayor seguridad de suministro y una mayor estabilidad de los precios de

la electricidad, entre los segundos sobresalen un mayor acceso a la electricidad de los sectores menos favorecidos y una mayor aceptabilidad social que las fuentes de electricidad tradicionales.

Durante los últimos cuatro años la participación de tecnologías ERNC en la matriz eléctrica de Chile ha aumentado significativamente. En efecto, la capacidad instalada aumentó de 720 MW en marzo del 2012, a los actuales 2.806 MW en febrero del año 2016. Esto se ha debido principalmente a la combinación de tres factores: el alto potencial de ERNC existente en Chile, el aumento de la competitividad de estas tecnologías frente a las tecnologías convencionales, principalmente producto de su maduración tecnológica y los altos precios de la electricidad, y la introducción de modificaciones legales e incentivos específicos para su fomento.

Sin embargo, en consideración del potencial técnico y económico de estas tecnologías, se estima que su participación actual en la matriz eléctrica está por debajo de su potencial económico. Esto es generalmente atribuido a la presencia de diversos obstáculos que dificultan la materialización de proyectos de generación eléctrica ERNC aparentemente costo-efectivos. De manera especial se destacan las barreras asociadas a la falta de capital de riesgo en comparación con las tecnologías tradicionales y la exclusión de externalidades ambientales en los precios de la electricidad, especialmente las asociadas a las emisiones de CO₂, lo que no permite la visualización de la ventaja comparativa de las ERNC.

Para el desarrollo de las ERNC se necesita tanto la disponibilidad de la tecnología como el desarrollo de un mercado para éstas. En esto último, a través de políticas de fomento, el Estado puede influir enormemente en la velocidad con que sean introducidas las ERNC.

De este modo, se sugiere que para fomentar la electricidad proveniente de fuentes ERNC en Chile, es necesario avanzar al menos en los siguientes tres frentes que se pasan a explicar. En primer lugar, es necesario el levantamiento y provisión de capital de riesgo por parte del Estado para facilitar la materialización de las etapas intensivas en capital de los proyectos ERNC, ya que en ausencia de una participación activa del órgano estatal en el financiamiento de proyectos ERNC, el sector financiero privado seguirá desfavoreciéndolos con respecto a los proyectos de generación tradicionales. En segundo lugar, se requiere impulsar el costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad, de modo que éstos reflejen las externalidades negativas asociadas a la emisión de CO₂ por parte de las fuentes de generación térmica. Para esto Chile debe emular la experiencia internacional en esta materia e implementar incentivos económicos que pongan precio a estas emisiones por medio de cobros específicos o permisos de emisión transables. En tercer lugar, se debe avanzar en un modelo inclusivo de energía, que incluya a la ciudadanía y métodos de planificación territorial para destrabar la oposición de las comunidades a proyectos energéticos.

La electricidad de fuente ERNC también encuentra oposición y no es inmune a los conflictos sociales. Los casos ocurridos en los geiseres El Tatio y con el Parque Eólico en la Isla Grande de Chiloé reflejan lo anterior. Así, para que proyectos de ERNC avancen en

Chile, se requiere de procedimientos que permitan resolver los conflictos asociados a la oposición local que los proyectos suscitan, la que surge principalmente de la desigual distribución geográfica de los costos y beneficios de los proyectos ERNC; mientras los beneficios de los proyectos eléctricos recaen en una gran población geográficamente dispersa, las cargas y perjuicios ambientales propios de la construcción de los proyectos eléctricos se concentran en comunidad que lo alberga.

La importancia estratégica de la energía radica en ser un recurso que se encuentra presente en casi toda actividad del ser humano y, por lo tanto, incide directamente en su bienestar. Así, una energía cara genera grandes dificultades para el desarrollo de un país. De la misma manera, la energía obtenida de fuentes contaminantes producirá impactos en el medioambiente que afectan directa o indirectamente la calidad de vida de las personas.

Para abordar el desafío de transformar nuestro sistema energético, es necesario introducir nuevas fuentes de generación de energía y tecnologías, así como criterios de justicia ambiental en los procesos evaluativos y participativos de los proyectos ERNC. El desafío institucional en esta materia es enorme para Chile, principalmente debido a que en el marco normativo ambiental y en el eléctrico, las consideraciones distributivas, y en menor medida también las participativas, no se encuentran debidamente consagradas y aseguradas. Para suplir estas falencias, tanto para los proyectos eléctricos ERNC como para los convencionales, un instrumento que podría ser de mucha utilidad es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), mecanismos de planificación territorial y herramientas de fomento adecuadas que apliquen los principios de justicia ambiental y de desarrollo sustentable a proyectos individuales, políticas globales, planes y programas.

2. Introducción

Desde el comienzo de la historia el ser humano ha utilizado las fuentes de energía a su alcance en una constante búsqueda de mayor estabilidad y desarrollo. Al mismo tiempo, ha buscado lograr el máximo desenvolvimiento espiritual y material, buscando satisfacer sus más diversas necesidades a través de la economía. Recientemente a estos dos ejes claves de toda sociedad moderna se ha sumado la variable medio ambiental. La que busca ser satisfecha de la mejor forma posible.

Actualmente, el gas, petróleo y carbón abastecen a más de tres cuartos de la demanda energética mundial (Vargas, 2010), lo cual deja en evidencia la peligrosa dependencia de los combustibles fósiles, y en consecuencia, de los países explotadores de dichos recursos. A esto se suma una sobre explotación de los recursos naturales, lo cual desemboca en una casi irreversible contaminación local y global del aire, suelos y aguas, el efecto invernadero, y la lluvia ácida, entre otros.

Hoy en día, existe la conciencia de que al producir energía, bienes y servicios, también debemos considerar cuánto contaminamos al producirlos. En el presente, y cada vez con mayor fuerza hacia el futuro, será fundamental minimizar los impactos ambientales en la producción de bienes, servicios y energía, y así, utilizar de la mejor forma posible los recursos de nuestro territorio.

El presente estudio actualiza la publicación “Desafíos y oportunidades de las ERNC para nuestro país” del año 2012, ya que hoy, con cerca de cuatro años de diferencia, podemos decir que el escenario energético nacional ha cambiado sustancialmente. La capacidad instalada del país en materia de ERNC ha aumentado, así como la penetración y la percepción de la importancia de estas energías desde el gobierno, el mercado y la sociedad civil. Conjuntamente con este nuevo escenario, han cambiado las metas y proyecciones del gobierno en la materia. Tal como veremos en la actualización de este estudio, algunas barreras fueron parcialmente superadas, y otras persisten igual que cuatro años atrás.

El gobierno ha fijado dentro de sus objetivos, en materia de política energética, fomentar el desarrollo de las ERNC, implementando las medidas necesarias para que las energías renovables constituyan el 20% de la generación eléctrica al año 2025, el 60% en el año 2035 y, al menos, un 70% para el año 2050. Chile es un país privilegiado en fuentes de ERNC, con altos niveles de irradiación solar especialmente en el norte del país, una ubicación privilegiada sobre el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, para el desarrollo de la geotermia, excelentes condiciones para el desarrollo de fuentes eólicas, grandes ríos y ramificaciones que permiten una generación constante a través de plantas de pasada minihidro y condiciones excepcionales para el desarrollo de la energía marina, con más de cuatro mil kilómetros de costa y un potencial teórico de generación eléctrica de 240 GW (Acuña et al. 2008). Adicionalmente, no como recurso natural, sino como producto de la actividad del país, se cuenta con biomasa proveniente del sector agrícola y agroindustrial, que otorga un potencial para introducir la tecnología

biomásica al rubro. Pese a estas condiciones privilegiadas, para alcanzar estas metas se requerirá un esfuerzo sostenido no solo del gobierno actual, sino que un esfuerzo que trascienda cada uno de los gobiernos de turno, para transformarse en una política de estado seria y sostenida en el tiempo.

Como concepto importante en contexto de las ERNC, encontramos el concepto de "economía verde", el que está atrayendo creciente atención a nivel tanto internacional como nacional, como una herramienta para lograr el desarrollo sustentable.

La Economía Verde es definida por el PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), como "el sistema de actividades económicas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios que redundan en el bienestar humano y la equidad social y que reduce de manera significativa los riesgos medioambientales y las carestías ecológicas".

Dentro de los propósitos de la economía verde, están: aumentar el bienestar de las personas y la equidad, y reducir los riesgos ambientales y ecológicos. De esta manera, la economía verde genera un crecimiento económico que va de la mano con bajas emisiones de carbono, un uso eficiente de los recursos naturales y la inclusión social (PNUMA, 2011).

Para el objetivo de reducir las emisiones de carbono, uno de los principales caminos de la economía verde corresponde a desacoplar el crecimiento económico del uso de energías fósiles (Ockwell, 2008). Cabe resaltar que Chile, al año 2014, importó aproximadamente el 90% de sus requerimientos de combustibles fósiles, por lo que es un hecho no menor el reconocer que los combustibles fósiles no se encuentran dentro de los recursos energéticos naturalmente disponibles en Chile, a diferencia de las ERNC (Ministerio de Energía, 2015). En nuestro país, mientras casi la totalidad del transporte es impulsado por petróleo, más de la mitad de la electricidad proviene de combustibles fósiles. En términos totales, a febrero del 2016 la capacidad instalada de generación eléctrica del país asciende a 20.195 MW. De estos, 16.011 MW (79,3%) corresponden al SIC (Sistema interconectado Central) y 4.019 MW (19,9%) corresponden al SING (Sistema Interconectado del Norte Grande). El restante 0,8% se reparte entre el Sistema Eléctrico de Aysén (SEA) y Magallanes (SEM). El total actual de capacidad de generación de energía totaliza un 56,7% de termoelectricidad, 30,1% de hidroelectricidad convencional y un 13,2% de ERNC (CNE, 2016).

Concentrándonos en el sector eléctrico, el desafío de reemplazar fuente de generación eléctrica, por fuentes menos contaminantes crece, y toma más fuerza, sobretodo si se considera que para las próximas décadas se espera un importante crecimiento de las emisiones de CO₂ nacionales provenientes de la generación eléctrica. Efectivamente, antecedentes recientes permiten estimar que en ausencia de iniciativas tendientes a modificar el sistema energético actual, las emisiones procedentes de la generación

eléctrica aumentarán entre un 500% y 600% para el período 2007-2030 (O`Ryan, Díaz y Clerc, 2009).²

Para compensar este esperado aumento de emisiones en Chile, es necesario estimular la generación eléctrica en base a fuentes energéticas con bajas emisiones de CO₂. Si bien estas fuentes comprenden las Energías Renovables No Convencionales (ERNC)³, la hidroelectricidad a gran escala y la energía nuclear, el foco de la discusión pública se ha concentrado en impulsar las ERNC debido a sus menores riesgos e impactos ambientales y a las potencialidades que presentan para su desarrollo en Chile.

Dentro de las oportunidades de mejora para Chile encontramos la Generación distribuida (GD). Este concepto y forma de generación eléctrica, hace alusión a la generación de energía prácticamente en el mismo sitio donde se utiliza, en contraposición a la producción centralizada, donde la generación de energía no está localizada cerca de los sitios de consumo. Al no requerir que la energía sea transportada a través de grandes distancias, los sistemas distribuidos son menos vulnerables a fallas que causen suspensiones de suministros que los sistemas centralizados y tiene mayores eficiencias.

La modalidad de GD con el mayor crecimiento a nivel mundial es la que ocurre en las ciudades y se basa en la energía solar fotovoltaica (FV). Tal grado de popularidad ha alcanzado esta tecnología, que ha rebasado los pronósticos más ambiciosos, incluso en países con baja radiación solar. Sin embargo, este fenómeno contrasta con la realidad chilena, a pesar de las excepcionales condiciones de radiación solar existentes en muchas regiones del país.

En función de estos antecedentes, el objetivo general de este estudio es ofrecer una visión general del estado actual de las ERNC en Chile, las ventajas que ofrece este tipo de generación eléctrica y los desafíos que persisten en el país para alcanzar el desarrollo óptimo de estas fuentes de energía. Más específicamente, el estudio persigue analizar el fomento de la electricidad generada a través de ERNC en Chile y su relación con el concepto de la Economía Verde (EV), las barreras que enfrenta y posibles instrumentos para superarlas.

² El esperado crecimiento de las emisiones de CO₂ del sector eléctrico se debe principalmente al eventual aumento del carbón como fuente generadora de electricidad en Chile. De hecho, se espera, en uno de los escenarios posibles, una profunda “carbonización” de la matriz eléctrica: mientras la participación del carbón en la generación eléctrica nacional entre 2000 y 2008 alcanzó en promedio el 20%, se estima que al 2030 podría alcanzar aproximadamente el 60% (O`Ryan, Díaz y Clerc, 2009). Esto no sólo implicará un fuerte crecimiento en las emisiones de CO₂ totales de Chile, lo que profundizará significativamente la huella de carbono de todos los sectores productivos nacionales que usan la electricidad como fuente energética.

³ Las tecnologías ERNC han sido definidas de diversas maneras. De acuerdo con la Ley 20.257, una ERNC es aquella energía eléctrica generada por medios de generación renovables no convencionales. A su turno, los medios de generación renovables no convencionales son aquellos descritos en la letra “aa” del artículo 225 de la LGSE modificado por la ley anterior. Dichos medios de generación son, a grandes rasgos, la biomasa, la hidráulica (cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kW), la geotérmica, la solar, la eólica y la de los mares.

3. Marco conceptual

3.1. Desarrollo sustentable, economía verde y electricidad de fuente ERNC

La depresión económica de los pasados años 30 se produjo por la caída del sector financiero en Estados Unidos, que determinó un desempleo cercano al 25% de la población y un derrumbe del 26% en el Producto Interno Bruto (PIB) estadounidense. El New Deal de entonces se concibió como un conjunto de reformas políticas que apuntaron a recuperar la economía reformando el sistema financiero y fomentando la inversión pública. En las propuestas actuales, la preocupación de las grandes economías surge del cambio de rumbo en materia energética que necesitan tomar ante las transformaciones climáticas globales. Dentro de las medidas necesarias a tomar dentro de este nuevo rumbo está el desarrollo de las ERNC, y la eficiencia energética. A nivel mundial hay una concientización cada vez mayor sobre la importancia de la energía renovable y la eficiencia energética, las cuales son críticas no sólo para atender el cambio climático, sino para crear nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a miles de millones de personas que aún no cuentan con servicios modernos para el suministro de energía. Estos cambios benefician a las poblaciones más vulnerables y empobrecidas, ofrecen nuevas posibilidades de desarrollo y son significativamente menos contaminantes que los combustibles fósiles (REN 21, 2015).

Se observa que en las últimas décadas, la cuestión del cambio climático se instaló con marcado acento en los debates internacionales de instituciones internacionales, gobiernos, agencias de cooperación, investigadores y medios de comunicación. Para algunos analistas, se trata del principal problema que deberá enfrentar la humanidad en los próximos años.

Recientemente, Barack Obama, presidente de Estados Unidos, mencionó: “Somos la primera generación en sufrir los efectos del cambio climático, y quizás la última que pueda hacer algo al respecto”. Por otra parte, la mayor autoridad de la Iglesia Católica, el Papa Francisco, en su encíclica papal “Laudato Si” (2015), hace un llamado no tan solo a los cristianos, sino que a todos los hombres de buena voluntad a abrazar lo que denominó el “Ecologismo Integral”, destinado a combatir los efectos del cambio climático, con especial énfasis en el cuidado del medio ambiente.

Esta crisis también ha abierto espacios para la discusión de diversos aspectos relacionados con la necesidad de integrar el medio ambiente en las decisiones económicas, de modo que la reforma del sistema financiero contribuya a la sustentabilidad global (Runnalls, 2011).

En un mundo con siete mil millones de habitantes, la energía resulta fundamental para el desarrollo sostenible y, según la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), está fuertemente vinculada a la seguridad alimentaria y a la erradicación de la pobreza (FAO, 2015). En este contexto, la Asamblea General de la ONU declaró al período 2014-2024 como la “Década de la Energía Sostenible para Todos” (SE4ALL, por sus siglas en inglés).

Esta iniciativa plantea tres grandes desafíos relacionados con el acceso universal a la energía, la mejora de la eficiencia energética y el crecimiento de la cuota de las energías renovables en la matriz energética mundial. En este sentido, el Secretario General de la ONU, Ban Ki-moon, destaca que este período representa una valiosa oportunidad para profundizar la toma de conciencia sobre la importancia de extender el acceso sostenible a la energía.

En las palabras del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2010: 1), esta crisis corresponde a una “oportunidad para corregir la organización económica – de forma tal que no se priorice más el crecimiento económico por encima de la sostenibilidad ambiental, la justicia social y la equidad”. Ejemplos paradigmáticos de esfuerzos en esta línea son el reporte del PNUMA sobre “economía verde” (PNUMA, 2011) y el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) sobre “crecimiento verde” (OCDE, 2011).

El PNUMA expresa que “una economía verde debe mejorar el bienestar del ser humano y la equidad social, a la vez que reduce significativamente los riesgos ambientales y las escaseces ecológicas” (2011: 1), principalmente por medio de “mantener, mejorar y, donde sea necesario, reconstruir el capital natural como activo económico fundamental y fuente de beneficios públicos”. Por su parte, la OCDE (2011: 4) indica que el crecimiento verde “significa fomentar el crecimiento y el desarrollo económicos y al mismo tiempo asegurar que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar. Para lograrlo, debe catalizar inversión e innovación que apunten al crecimiento sostenido y abran paso a nuevas oportunidades económicas”.

Si bien estas perspectivas poseen algunas divergencias tanto sustantivas como de énfasis, comparten importantes puntos de vista, lo que con frecuencia resulta en que ambas expresiones sean usadas de manera intercambiable (Toman, 2012). Por ejemplo, en ambas subyace la visión de que el crecimiento económico y la salud ecosistémica son compatibles, siempre y cuando se apliquen las políticas correctas (Sander, 2011).

Otra similitud relevante del concepto de “economía verde” es su planteamiento de complemento y no de reemplazo del desarrollo sustentable. En efecto, el PNUMA (2011: 1) señala que “el concepto de “economía verde” no sustituye al de desarrollo sustentable, y se plantea como una agenda de política concentrada en la operación de la economía de modo que su crecimiento sea compatible con la sustentabilidad ambiental (Toman, 2012).

Pese a la diferencia de enfoques, ambos planteamientos proponen enfáticamente avanzar hacia una economía con bajas emisiones de carbono. Así, PNUMA (2011: 1) indica que en su forma más básica, una economía verde no sólo utiliza los recursos de forma eficiente y es socialmente incluyente, sino que “tiene bajas emisiones de carbono”. Por su parte, la OECD (2010) señala que uno de los pilares del crecimiento verde para los países en desarrollo corresponde al fomento de un crecimiento bajo en carbono. Lo anterior principalmente implica la necesidad de desacoplar el crecimiento económico del uso de energías fósiles (Ockwell, 2008).

No obstante, el logro del objetivo anterior requerirá de la implementación de diversas iniciativas relacionadas con la eficiencia energética y el transporte limpio, una de las principales corresponde al avance hacia un sector eléctrico cada vez menos intenso en la emisión de CO₂. Si bien las fuentes de electricidad con bajas emisiones de CO₂ comprenden las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), la hidroelectricidad a gran escala y la energía nuclear, los organismos internacionales generalmente se concentran en impulsar las ERNC debido a sus menores riesgos e impactos ambientales.

En efecto, tanto PNUMA (2011) como OECD (2010) señalan que uno de los elementos clave para avanzar hacia una economía verde corresponde al reemplazo de combustibles fósiles por energías renovables en la generación de electricidad. En palabras de la Comisión Europea (2011: 6-7), una de las bases de una economía baja en emisiones de CO₂, es un sector eléctrico “totalmente descarbonizado”, el cual “exige un uso significativo de las [energías] renovables”.

3.2. Beneficios de la generación de electricidad basada en fuentes ERNC

Aparte de las recomendaciones surgidas en los foros internacionales sobre economía y crecimiento verde, existen razones más específicas para fomentar la generación de electricidad basada en fuentes de ERNC. En concreto, las ERNC son promovidas por su contribución al logro de objetivos ambientales, sociales y económicos (IPCC, 2011). De acuerdo con una revisión de la literatura internacional⁴, la Tabla 2.1 distingue múltiples beneficios de la electricidad ERNC a nivel nacional en función del principal objetivo que ayudan a alcanzar:

Tabla 1.1. Beneficios de la electricidad generada mediante ERNC a nivel nacional

Área	Beneficios
Ambiental	- Menores emisiones de carbono - Mayor protección ambiental
Social	- Mayor acceso a la electricidad de los sectores menos favorecidos - Mejor percepción pública - Generación de empleo y contribución a la sostenibilidad social. - Mejora de la salud pública.
Económico	- Mayor seguridad de suministro mediante una matriz energética diversificada y uso de recursos renovables - Mayor estabilidad de los precios de la electricidad - Mayores recursos disponibles producto de la generación de

⁴ Dentro de la literatura internacional destaca: “Analysis of Renewable Energy Incentives in the Latin America and Caribbean Region: The Feed-in Tariff Case.”2013. Jacobs, David, Natacha Marzolf, Juan Roberto, Wilson Rickerson, Hilary Flynn, Christina Becker-birck, and Mauricio Solano-peralta. pp 601-10, “Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático” (IPCC,2011), “Carbon lock-out: Advancing renewable energy policy in Europe. Energies”, 2012, Paul, L.; Felix, C.; Melf-Hinrich, E.; Nele, F.; Clemens, H.; Lion, H.; Robert, pp. 5, 323-354, “El Cambio climático y la energía en América Latina”.2015. David R. Heres Del Valle. Santiago, Chile.

	energía con fuentes propias.
--	------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Beneficios ambientales

– Menores emisiones de CO₂

El cambio climático se encuentra dentro de las primeras preocupaciones a nivel mundial. De acuerdo con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), se entiende por cambio climático “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La responsabilidad de este fenómeno se atribuye a la emisión de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). Estos gases se encuentran presentes en forma natural en el planeta y permiten que su temperatura sea lo suficientemente cálida para el desarrollo de la vida, sin embargo, la actividad humana ha aumentado su producción, principalmente mediante la quema de combustibles fósiles y la tala de bosques, razón por la cual el proceso de calentamiento se ha acelerado. En este sentido, se debe entender que resulta clave una disminución de la emisión de GEI de parte del sector energía, ya que el sector energético produce aproximadamente dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En las últimas cuatro décadas, junto con este aumento en la participación de la electricidad en la matriz de energía secundaria o de consumo final, en Chile se ha producido una disminución de los combustibles fósiles en la participación de la matriz energética de 75,9% a 66% (Ministerio de Energía, 2015), esto, si bien es una buena señal, sigue sin ser un cambio suficiente en vista de los cambios experimentados a nivel global.

Como es sabido, los combustibles fósiles son los grandes emisores de dióxido de carbono (CO₂), que a su vez es el más importante de los gases efecto invernadero (GEI) de raíz antropogénica, con más del 76% del total de éstos (Estenssoro, 2010).

Una alternativa clave para reducir emisiones en la generación de energía es el uso de ERNC. Según la Internacional Energy Agency (IEA), en un escenario Business As Usual (BAU), el sector eléctrico mundial llevaría a un incremento de la temperatura del planeta de seis grados celcius, más que los existentes a la era pre- industrial, lo que generaría consecuencias desastrosas e irreversibles para la vida humana en el planeta tierra (Ministerio de Energía, Chile, 2015).

Para abordar el problema del calentamiento global, la 21° Conferencia de las Partes (COP 21) ha pedido a los países participantes redoblar sus esfuerzos para disminuir las emisiones de GEI. De esta manera cada uno de los países miembros ha comprometido distintas cuotas de disminución de sus emisiones de GEI. En el caso chileno, nuestro país se ha comprometido a disminuir por unidad de PIB en un 30% los GEI respecto al nivel alcanzado en el año 2007 (COP 21, 2015).

– Mayor protección ambiental

El conjunto de las etapas de generación, transmisión y consumo de electricidad es una de las causas más importantes del deterioro ambiental en el mundo, destacándose la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, la contaminación radiactiva, la destrucción de ecosistemas y la contaminación hídrica. Si bien ninguna fuente de electricidad está libre de impactos ambientales, los causados por las fuentes fósiles son claramente superiores a los de las ERNC.

En el caso de las centrales termoeléctricas (gas, carbón, petróleo) entre los impactos causados al medio ambiente se encuentra un alto consumo de agua y alteración del hábitat acuático. En el primer caso el alto consumo de agua puede generar escasez hídrica y conflictos con las comunidades locales por el uso del agua. Por otra parte en el caso de centrales con sistemas de refrigeración abiertos), parte del funcionamiento de este tipo de centrales es la generación de residuos líquidos, de aguas térmicas, generación de residuos sólidos, esencialmente asociados a la generación de electricidad a través del carbón y/o petcoke, generación de sustancias y residuos peligrosos, asociados a toda central termoeléctrica, y generación de ruido asociada al funcionamiento propiamente tal de la planta (CFI, 2008).

Los impactos ambientales de plantas eólicas, solares, mareomotrices y geotérmicas son mucho menores en comparación con las plantas termoeléctricas basadas en petróleo, gas y carbón, sobre todo la generación de residuos y sustancias peligrosas (EPA, 2011).

3.2.2. Beneficios sociales

– Mayor acceso a la electricidad de los sectores menos favorecidos

Por ser clave en el desarrollo económico de cualquier país y de su acceso a los ciudadanos como elemento básico de bienestar, siempre se ha considerado el carácter estratégico de la electricidad (Ortiz, 2015). Es común que en áreas geográficamente aisladas la conexión a redes eléctricas centralizadas sea económicamente prohibitiva, dificultando el acceso a la electricidad (REN21, 2011). Considerando que actualmente existe una amplia variedad de tecnologías para aprovechar ERNC técnicamente viables y económicamente competitivas, éstas ofrecen la posibilidad de abastecer estas zonas de manera autónoma (Fundación Chile, 2008). Además, el florecimiento de actividades productivas incitadas por la electricidad renovable puede permitir el desarrollo en áreas que en su ausencia son económicamente menos atractivas⁵ (Van Dijk et al., 2003). A modo de ejemplo, en Chile, los agricultores de la región de Valparaíso contarán con sistemas de riego de última generación para la extracción de agua de sus pozos. Esto gracias a los 45 proyectos de riego de INDAP para combatir la ausencia de agua en sectores agrícolas (PRI de Energías Renovables No Convencionales ERNC) Siguiendo el caso de Chile, en Magallanes, la región más austral del país se desarrollaron proyectos de

ERNC para abastecer de energía a zonas rurales totalmente aisladas, permitiéndoles un mayor acceso a la energía y elevar su estándar de vida (LEIVA, 2009).

Tomando en cuenta la importancia de la energía, la Asamblea General de la ONU declaró al período 2014-2024 como la “Década de la Energía Sostenible para Todos”. Esta iniciativa se denomina Energía Sostenible para todos (SE4ALL, por sus siglas en inglés) y fijó dentro de sus objetivos principales “el impulsar el acceso a la electricidad de los sectores más desfavorecidos y duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética global al año 2030”. Sus tres líneas de trabajo están encaminadas a lograr un mayor acceso a la energía eléctrica, aumentar la eficiencia energética y lograr todo esto con energías renovables (Sustainable energy for all.2015).

La energía sostenible⁶ tiene un importante efecto en la productividad, la salud y la seguridad alimentaria e hídrica de las personas. En América Latina se impulsan proyectos para que las comunidades rurales puedan acceder a fuentes alternativas (FAO,2015).Las ERNC posibilitan la generación de ingresos, mediante el uso de bombas solares para la irrigación o electricidad para un pequeño negocio, pueden brindar energía a centros de salud comunitarios, frigoríficos para almacenar medicamentos y reduce el tiempo y el trabajo pesado de recolectar leña en sectores que no cuentan con otra fuente de energía, así como brinda alternativas menos contaminantes y más eficientes para cocinar y generar calor.

– Mejor percepción pública

Por su parte, debido a que la percepción pública de los impactos ambientales asociados a la generación y el transporte de electricidad está aumentando a nivel global (Bjork et al., 2011), la población crecientemente está demandando reemplazar la electricidad de fuentes convencionales (fósil, nuclear e hidroeléctrica a gran escala) por fuentes ERNC (Van Dijk et al. 2003). A esto se suma el interés de las empresas multinacionales por reforzar sus acciones relacionadas con la responsabilidad social empresarial por medio del consumo de electricidad producida a través de ERNC (Thorstensen, Chen y McHugh, 2011).

-Generación de empleo y contribución a la sostenibilidad social.

Puestos de trabajo son instrumentales para lograr el desarrollo económico y social (IRENA, 2016). En este sentido, el empleo verde se define como “las actividades agrícolas, manufactureras, de investigación y desarrollo administrativas y de servicios que contribuyen, sustancialmente, a preservar y restablecer la calidad ambiental” (PNUMA, OIT y CSI, 2008). Resulta interesante constatar que el empleo verde genera valor en tres dimensiones, una dimensión económica, otra social, y a la vez aporta al cuidado ambiental.

⁶ Para Naciones Unidas y su programa “ Energía Sostenible para todos,, La “energía sostenible” es aquella energía que se produce y se usa de forma que apoyen a largo plazo el desarrollo humano en el ámbito social, económico y ecológico.

Iniciativas de energía limpia⁷ crean puestos de trabajo temporales a corto plazo, así como puestos de trabajo a largo plazo asociados directamente a las actividades de energía limpia e indirectamente a los efectos multiplicadores económicos (EPA, 2011). La generación de empleo se da en la fase de planificación, manufactura, instalación, conexión a la red, operación y mantenimiento, así como en la fase de desmantelamiento y reciclaje de los elementos de las plantas de ERNC (IRENA, 2015). Beneficios cualitativos de la creación de empleo asociado a las ERNC, incluyen la adquisición de competencias técnicas, la posibilidad de participación femenina en este segmento de trabajo y la potenciación y mejora de las oportunidades de trabajo disponibles en Chile. Los trabajos que generen estos beneficios son valiosos no sólo para aquello que les mantenga sino para la sociedad en su conjunto (Banco Mundial, 2012).

En 2004, la OCDE dio un fuerte apoyo a la generación de empleos verdes al evidenciar la capacidad de las políticas de cambio climático para generar empleo. Sus efectos globales conllevan de forma implícita políticas de adaptación y mitigación que generan una fuerte demanda de empleo y, además, permiten cumplir así con los acuerdos a escala mundial en la lucha contra el cambio climático (OCDE, 2004).

Dentro del sector energético, el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables ha fomentado la creación de nuevos empleos a nivel mundial (ORTIZ, 2015). En Alemania, que es una de las economías líderes a nivel mundial en materia de ERNC, el aprovechamiento de las ERNC ha permitido generar 371 mil empleos directos e indirectos hasta el año 2014.

A nivel mundial, se estima que el sector de energía renovable ha generado alrededor de 7,7 millones de puestos de trabajo directos e indirectos en el año 2014, lo que representa un aumento del 18 % a la medición del año anterior (REN 21, 2016).

- Mejora de la salud pública.

En el caso de las ERNC, exceptuando la leña, residuos madereros y biomasa, la combustión es inexistente en la generación de electricidad, aspecto fuertemente relacionado con la contaminación atmosférica local (Bustos, 2002). Es así que podemos afirmar que un aumento de electricidad generada en base a ERNC provoca una mejora de la salud pública. Un mejoramiento de la calidad del aire puede disminuir riesgos de salud y así reducir enfermedades y así los costes asociados al sistema de salud pública así como disminuir. Ésto incluye riesgos como la mortalidad prematura y exacerbación de las condiciones de salud como el asma, enfermedades respiratorias, y enfermedades del corazón (EPA, 2011).

3.2.3. Beneficios económicos

- Mayor seguridad de suministro

⁷ Se ha denominado "energía limpia" a las energías renovables, las que son aquellas que se producen de forma continua e inagotables, dentro de ellas están la energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, mareomotriz y geotérmica, y sobretodo que no contaminan o dañan el medio ambiente. Ellas se caracterizan por ser respetuosas con el medio ambiente en la medida que lo hacen fuentes más contaminantes como el uso de carbón, petróleo o gas para la generación de electricidad.

La electricidad generada a través de fuentes de ERNC conlleva mayor seguridad de suministro que la basada en combustibles fósiles, principalmente debido a dos razones. En primer lugar, mientras los combustibles fósiles son finitos, lo que implica el riesgo de que durante las próximas décadas su suministro decaiga significativamente, las fuentes ERNC son continuas. En segundo lugar, mientras las reservas de petróleo y gas están concentradas en pocas regiones del mundo, las fuentes ERNC están diseminadas por todas partes. (Kofoed-Wiuff, Sandholt y Marcus-Moller, 2006).

Esto resulta especialmente importante en países que no cuentan con recursos de hidrocarburos⁸ propios y son fuertemente dependientes de las importaciones de hidrocarburos⁹ y/o combustibles (IRENA, 2016). Otra ventaja comparativa de las ERNC continuas frente a la energía hidroeléctrica es, que éstas no dependen del régimen de lluvia y del nivel de los embalses, lo que hace una fuente de ERNC mucho más segura que sus alternativas (Ministerio de energía, 2015).

– Mayor estabilidad de los precios de la electricidad

Si bien se estima que durante las próximas dos décadas el precio de los combustibles fósiles no debiese experimentar alzas significativas, se espera que a partir de entonces éste podría sufrir alzas considerables, especialmente el del petróleo y del gas. Así, los países importadores de petróleo y gas para la generación de electricidad estarán crecientemente expuestos al aumento de sus precios (Holm, 2005). Debido a que el costo marginal de producción de la electricidad basada en fuentes ERNC es independiente del precio de estos combustibles, los países que aumenten su participación reducirán el riesgo de experimentar tanto alzas como fluctuaciones en el precio de la electricidad (Thorstensen, Chen y McHugh, 2011).

Uno de los grandes males que enfrenta Chile y su economía, son los altos precios de la energía. La autoridad coincide con el diagnóstico del sector privado de que este factor está paralizando proyectos de inversión y, a su vez, desviando iniciativas hacia otros países de la región más competitivos como Perú, en que los valores de la energía son la mitad que en nuestro país, el cual se ubica entre los diez más caros del mundo (ACERA, 2014)¹⁰.

⁸ Los Hidrocarburos son sustancias químicas producidas en la naturaleza que están formados por carbono e hidrógeno, estos átomos se disponen en una gran variedad de formas dando así origen a varios tipos de hidrocarburos siendo los principales el petróleo y el gas natural. Estas sustancias se producen en capas profundas de la tierra a lo largo de millones de años, provienen de la descomposición de plantas y animales de eras remotas (AIE, 2015).

⁹ Se conoce como hidrocarburo al compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono. Según los expertos en la materia, en este compuesto la forma molecular se basa en átomos de carbono enlazados con átomos de hidrógeno. Estas cadenas de átomos de carbono pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas. Cuando un hidrocarburo es extraído en estado líquido de una formación geológica, recibe el nombre de petróleo. En cambio, el hidrocarburo que se halla naturalmente en estado gaseoso se denomina gas natural.

¹⁰ En el año 2015 vimos un aporte fundamental de las ERNC a la estabilización de los precios y valores de la energía. En Chile, la Comisión Nacional de Energía (CNE), subastó un total de 1.000 GWh en tres bloques para suministrar energía por 20 años a partir de 2017. En dicha licitación las ganadoras absolutas fueron las ERNC, mientras que las generadoras convencionales no lograron adjudicarse

-Aporte de las ERNC para disminuir el precio de la energía a largo plazo.

Uno de los motivos fundamentales para estimular la inclusión de las ERNC en la matriz eléctrica chilena fue estimular una mayor competencia entre los distintos oferentes del mercado eléctrico chileno.

En el caso de Chile resulta fundamental el desarrollo de las ERNC, pues, como se ha demostrado una mayor inclusión de este tipo de energías se traduce en una disminución a largo plazo de los costos de la misma. Esto se explica por una parte, por las buenas condiciones del país para producir ERNC, y, por otra parte, por el aporte a la competencia entre empresas generadoras que significó la inclusión de empresas de ERNC.

Chile por sus condiciones es considerado uno de los países más atractivos para invertir en ERNC. (Nasirov et al, 2015). Esto sumado a los avances tecnológicos y a la formulación de una política explícita de fomento del gobierno hace cuatro años, hace de las ERNC energías sumamente competitivas con las fuentes de generación convencional (Comisión Nacional de Energía, 2009).

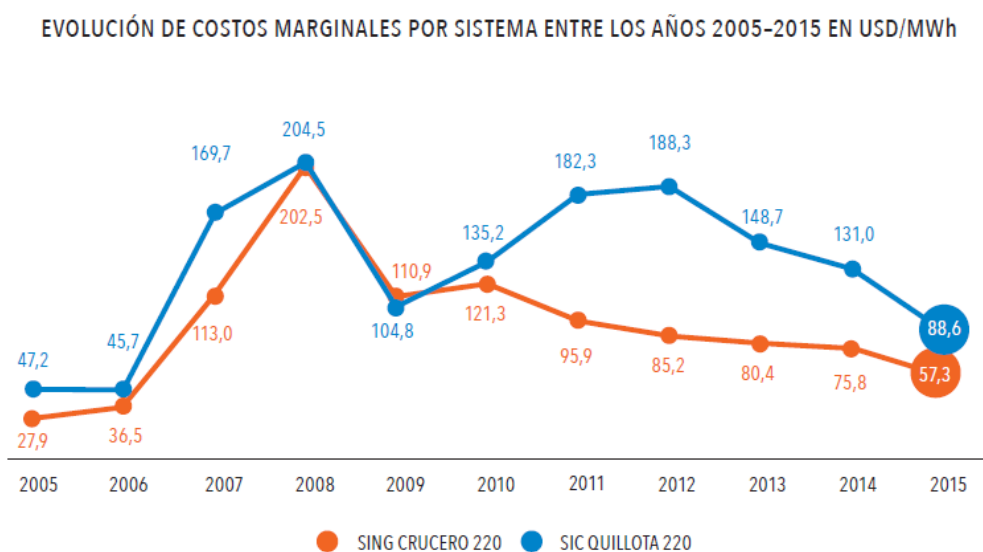
El compromiso del Gobierno “fue el colaborar en revertir la tendencia alcista en el precio de los contratos licitados (Ministerio de Energía 2015). Así, en la última licitación de energía, organizada por la CNE (Comisión Nacional de Energía) gracias a la participación de las ERNC y su aporte a una mayor competitividad, la última licitación para el “Suministro de Potencia y Energía Eléctrica”(2015) obtuvo un histórico costo marginal de 79,3 dólares promedio del MW/h para una cantidad de 1.200 GWh-año., es decir 40% menos que en la última licitación del año 2013. Este es el costo más bajo en la última década (Ministerio de Energía, 2016) y esta reducción de precios se debe en gran parte a la irrupción de las ERNC en el mercado eléctrico y el aporte que traen consigo al incorporar mayor competencia.

Se habla de una reducción de precios a largo plazo, pues, las cuentas de energía eléctrica en Chile, corresponden a diferentes tipos de contratos. Contratos de menor costo firmados entre los años 2007-2008, y contratos de muy alto costo firmados el año 2013. Todo eso en promedio va marcando cuál es la cuenta final que pagan los usuarios finales. Hasta hoy día, todas estas licitaciones eran por un precio superior al que hoy día estaban pagando los chilenos. Con esta última licitación, es la primera vez en que el precio es inferior. ¿Significa eso que mañana van a bajar las cuentas de los usuarios finales? la respuesta es un definitivo no. Recién los contratos de la licitación 2013, comienzan a estar vigentes el 2017 y los de abril de 2015, comienzan a estar vigentes los años 2020-2021, por lo tanto, si seguimos con contratos en la línea de los 80 dólares, estamos yendo por debajo del promedio actual y eso va a comenzar a dar frutos concretos probablemente a partir de 2020. Si el país sigue con esta tendencia, efectivamente vamos a lograr por una parte detener la tendencia alcista y en poder pensar en rebajas efectivas para los usuarios finales”.

ningún contrato. Aela, junto a Abengoa, Ibercolica, SCB y Amunche Solar fueron las compañías que se adjudicaron los bloques. En esta licitación el precio promedio 40% inferior a las ofertas anteriores. El precio promedio ofertado fue US\$ 79,336 por MWh, un 40% más bajo que lo conseguido en el proceso de 2013. (CNE, 2015).

En el Mercado Spot¹¹, fuera de los contratos licitados por la Comisión Nacional de Energía y los contratos de suministro de energía particulares, en el año 2015 los costos marginales¹² de energía en el SING alcanzaron los 57,3 USD/MWh y un precio de mercado de 100 USD/MWh. En el caso del SIC los costos marginales durante el mismo año alcanzaron los 88,6 USD/MWh y un precio de mercado de 107 USD/MWh. En el año 2015 el costo marginal promedio del SIC fue un -24% menor que el registrado en 2014 pero más del doble que el correspondiente al año 2005. En el caso del SING, el costo marginal promedio fue un 32% menor respecto a 2014 pero creciendo en un 88% con respecto a 2005. En este sentido la mayor competencia que introducen las ERNC en el mercado ha contribuido a una disminución de los precios promedio del mercado spot y esto contribuye a una disminución general de los precios de electricidad a largo plazo, al existir en el cálculo económico menores precios promedios de la electricidad para todo el sistema.

Figura 1.1. Evolución de los costos marginales por sistema, entre los años 2005-2015 en USD/MWh.



Fuente: CDEC SIC, CDEC SING

Fuente: CDEC SIC, CDEC SING.

¹¹ En el mercado eléctrico chileno los generadores se enfrentan esencialmente a dos mercados para su venta de energía: el mercado de contratos con grandes clientes o empresas distribuidoras y el mercado marginal (denominado mercado spot), donde los generadores intercambian energías excedentarias o deficitarias al costo marginal horario.

¹² El costo marginal es el precio a utilizar en la valorización de transferencias de energía entre empresas generadoras. Su unidad de cálculo es en dólares por MegaWatt por hora (US\$/MWh).

- Mayores recursos disponibles producto de la generación de energía con fuentes propias.

En el caso chileno el aprovechamiento de las fuentes de ERNC disponibles en el país parece ser un paso lógico en base a dos criterios. Primero la escasa o casi nula presencia de hidrocarburos disponibles en nuestro territorio, y, segundo, el extraordinario potencial de recursos gratuitos como el sol y el viento, para el desarrollo de las ERNC en el país (Ministerio de Energía, 2015). En Chile, el despliegue de energía renovable podría reducir importaciones de energía, lo cual generaría un importante beneficio económico, mejorando de este modo la balanza comercial y la disponibilidad de recursos para invertir en otras áreas como la educación, salud, transporte y otros.

De acuerdo a un estudio desarrollado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH como parte de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania, del año 2014, el potencial eólico, solar e hídrico de Arica a Chiloé alcanza unos 40.452 MW de energía eólica; 1.640.128 MW de energía solar fotovoltaica; 552.871 MW de termoeléctrica de concentración solar, y 12.472 MW potencial hidroeléctrico (GIZ, 2015). Cifra muy superior a la capacidad de ERNC instalada actual en el país, que según el CIFES a febrero del año 2016 llega a 20.195 MW, que equivale aproximadamente a la mitad del total potencial estimado.

3.3. Participación de la energía renovable en la generación de electricidad a nivel global¹³.

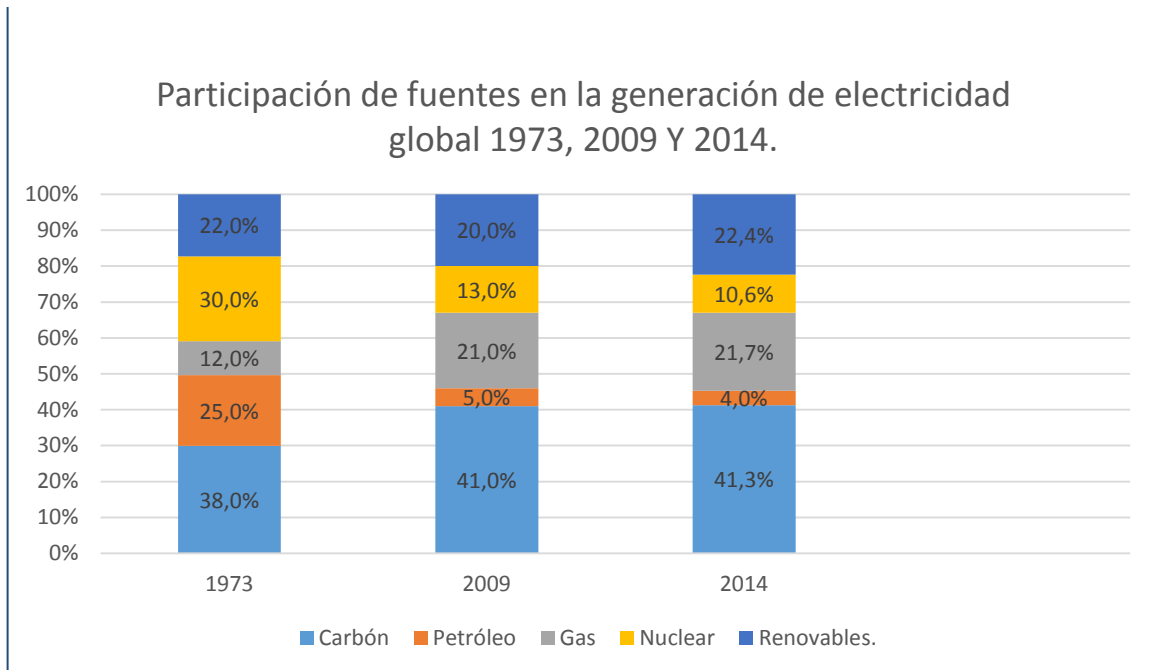
Históricamente la generación de electricidad ha estado dominada por los combustibles fósiles, especialmente por el carbón. Sin embargo, durante las últimas décadas el alto precio del petróleo en conjunto con la perspectiva del calentamiento global ha renovado el interés por la energía nuclear, el gas y las fuentes renovables como alternativas a la generación de electricidad fósil en base a carbón y petróleo. Producto de distintos factores, entre ellos el hecho que la energía nuclear no es un recurso renovable, así como situaciones como el accidente en la central nuclear de Fukushima posterior al terremoto del año 2011, en muchas partes del mundo se ha generado un retroceso en el crecimiento de la generación de energía nuclear, cuestión que ha reforzado el crecimiento de otras fuentes para poder abastecer la cantidad de energía requerida entre ellas, las renovables.

Por su parte, a nivel mundial, la generación de electricidad proveniente de fuentes energéticas renovables ha estado ampliamente dominada por la hidroelectricidad. Sin embargo, la participación del resto de las fuentes renovables ha mostrado un crecimiento constante durante las últimas décadas. Su crecimiento global entre 1980 y 2008 superó con creces al del resto de las fuentes de electricidad: mientras el crecimiento de la energía basada en fuentes renovables sin hidro fue cercano al 1.400%, el de la nuclear fue próximo al 250%, el de las fósiles al 115% y el de la hidroelectricidad

¹³ Esta sección está parcialmente basada en Claro (2011).

al 79%. Mientras la biomasa y la geotermia eran las fuentes renovables dominantes al comienzo, la participación de la eólica ha experimentado un aumento significativo desde 1990 en adelante y a partir del año 2006 la generación solar muestra un crecimiento sostenido pasando de 6.060 MW en el año 2006 a 175.305 MW al año 2014(REN 21,2015).

Figura.1.2. Generación de electricidad según fuente a nivel global: 1973, 2009 y 2014:



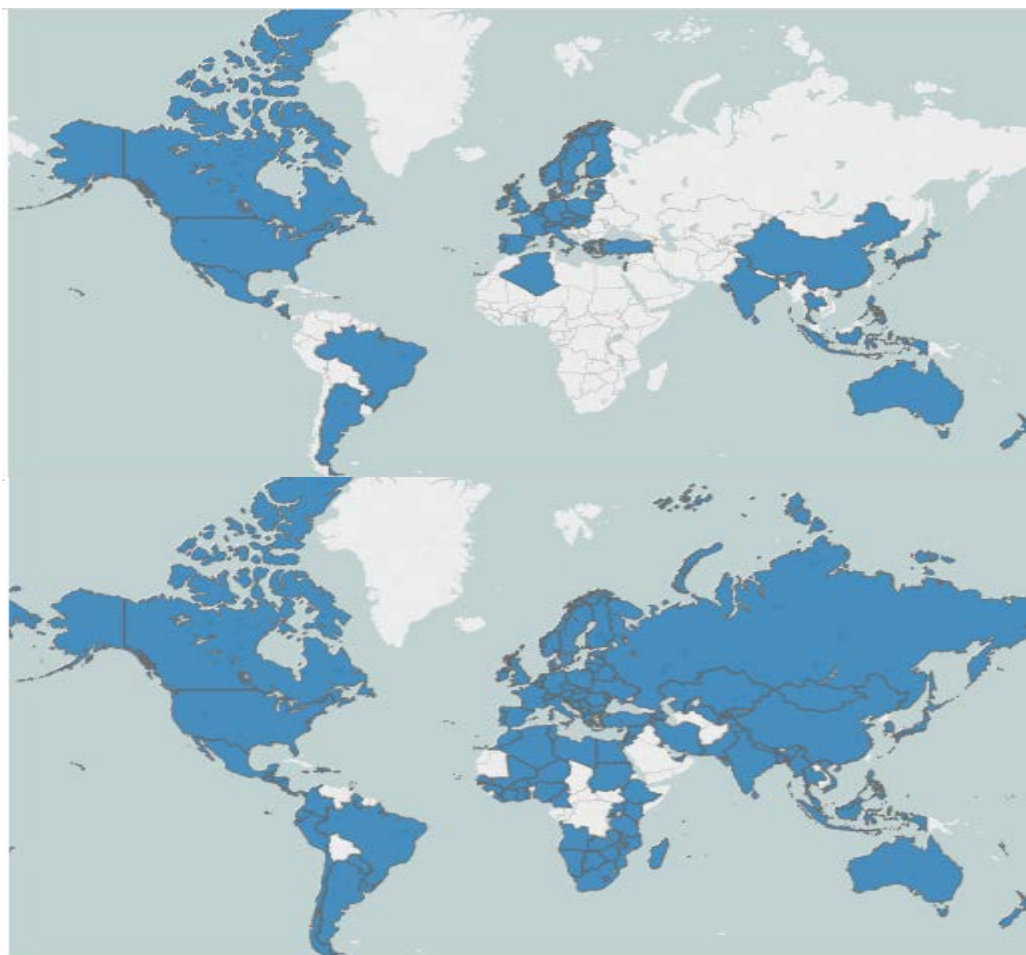
Fuente: Elaboración propia en base a Información AIE (Agencia Internacional de Energía) y Renewables 2015, Global Status Report (REN21, 2015).

No obstante la participación del carbón, el porcentaje de las energías renovables en la generación de electricidad, con un valor cercano al 20%, se ha mantenido relativamente constante a nivel global sosteniendo una tendencia alcista del año 2009 al 2014

Los esfuerzos multilaterales para incrementar el aprovechamiento de ERNC, acompañado por un crecimiento de políticas estatales de fomento a las ERNC ha tenido como resultado en cuanto un aumento de la generación de ERNC en todo el planeta. y .

Al año 2004, tan solo 48 países contaban con políticas de fomento de las ERNC y 149 países no, mientras que en el año 2014, 145 países sí cuentan con políticas de fomento de las ERNC y 52 países no las tienen. En América destacan por no tener políticas en esta materia Bolivia, Venezuela, Cuba y Suriname, salvo estas contadas excepciones el resto de los países cuentan con políticas de fomento en la materia (REN 21, 2016).

Figura.1.3. Países con políticas de fomento de ERNC, año 2004 al año 2014.

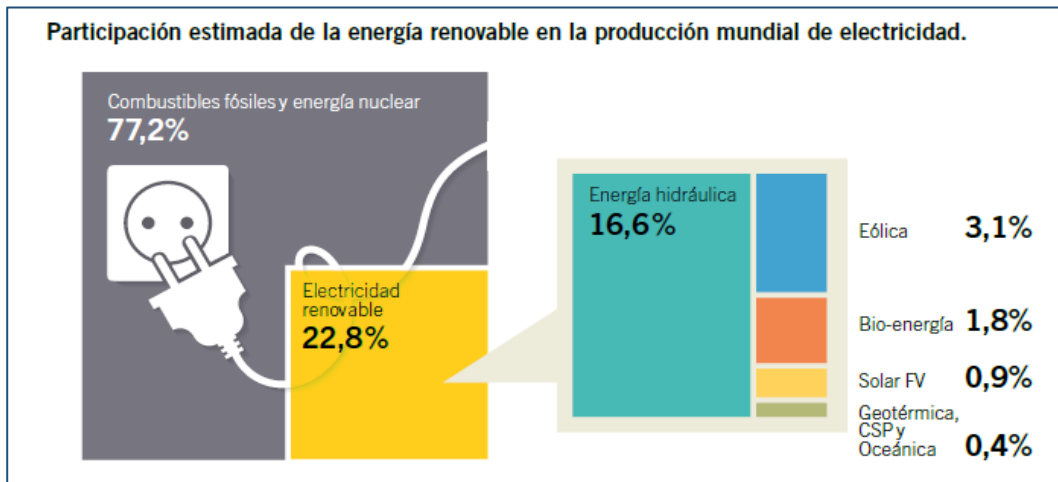


Fuente: REN 21, 2016.

Estos avances tienen su origen en los grandes acuerdos internacionales¹⁴ en los que se marcó el camino del desarrollo sostenible y los principios de la sostenibilidad económica social y medioambiental, así como la lucha por el cambio climático a nivel mundial (Ortiz, 2015). Una vez establecido el marco internacional al que hacemos referencia, del que surgen las políticas energéticas nacionales, la legislación surgida al efecto para la creación de un sector eléctrico sustentable y competitivo, propicio para el fomento y uso de las energías renovables.

En los capítulos siguientes analizaremos el desarrollo de instrumentos normativos nacionales que respaldan estas políticas internacionales e impulsan el desarrollo de estas fuentes de energía.

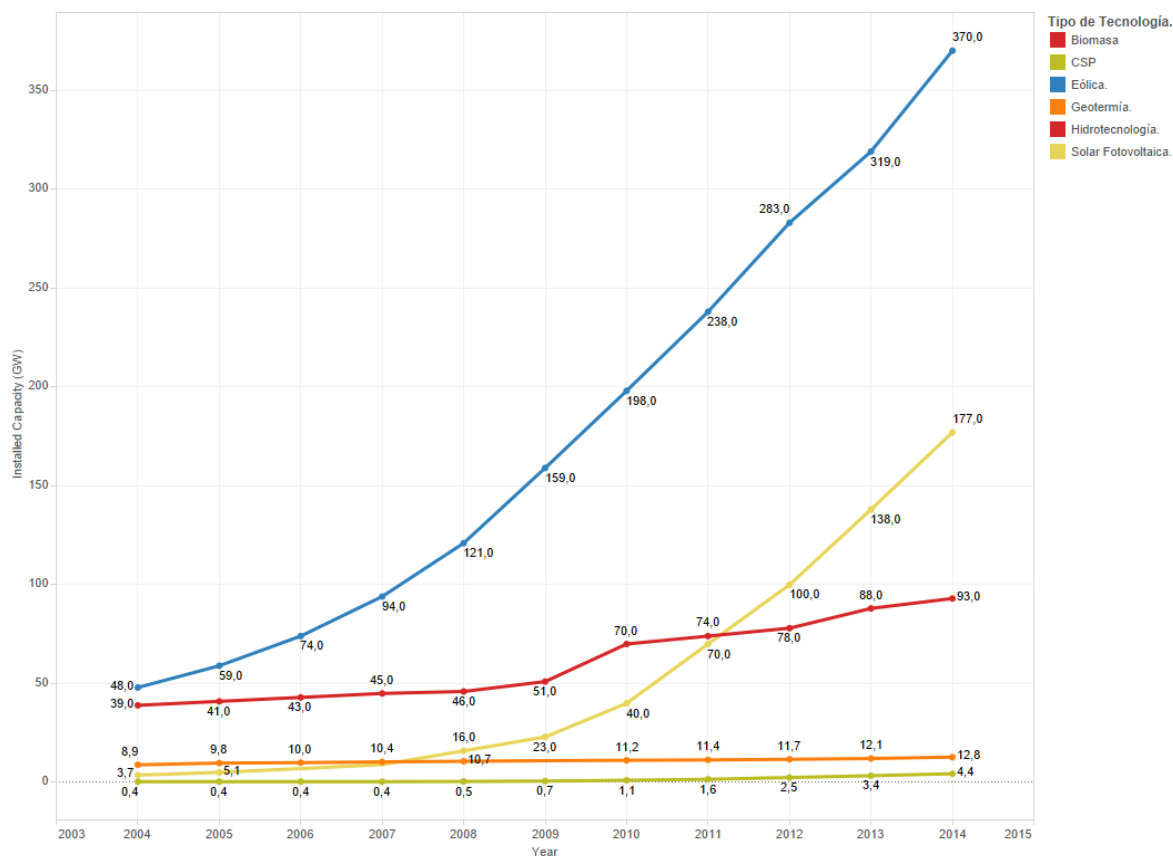
¹⁴ Dentro de los grandes tratados internacionales en materia de desarrollo sostenible en materia económica y medioambiental se encuentran

Figura 1.4. Participación de energía renovable en la generación global de electricidad 2014

Fuente: REN 21, 2015, Renewables 2015 Global Status Report. París, REN21.

Un estimado de un 27,7 % de capacidad instalada de energía a nivel mundial correspondió el año 2014 a fuentes de generación renovable (REN 21, 2015). En el caso de la capacidad instalada de electricidad de fuente ERNC esta alcanzó un 22,8% de la capacidad mundial a fines del año 2014. De este 22,8% un 16,6% corresponde a energía hidráulica (mini hidro), 3,1% a eólica, 1,8% a biomasa, 0,9% a energía solar fotovoltaica y un 0,4% a geotermia, CSP (Concentrated Solar Power) y oceánica. En este sentido, en los últimos años la mayor parte de la nueva capacidad y la inversión se ha centrado principalmente en tres tecnologías: solar fotovoltaico, eólica, y la energía hidráulica. En cuanto al crecimiento, según los últimos datos recabados, en 2014 las energías renovables en general se expandieron significativamente en términos de la capacidad instalada y energía producida. Algunas tecnologías experimentaron un crecimiento más rápido en el 2014 de lo que han promediado en los últimos cinco años (2009-2014). El crecimiento más rápido y el incremento más sustancial en capacidad renovable se dio en el sector eléctrico, las tecnologías dominantes, en cuanto a más mega watts aportados (MW), fueron: eólica, solar fotovoltaica (FV) y energía hidráulica (REN 21, 2015).

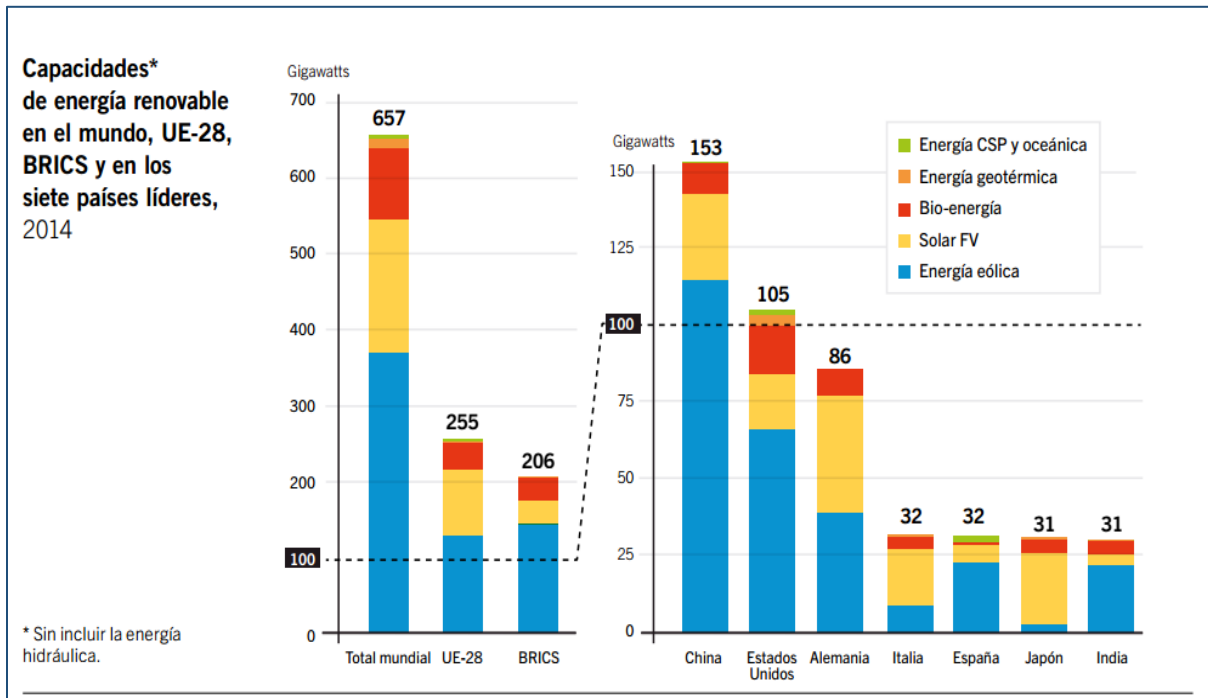
Figura 1.5. Capacidad instalada en el mundo por tecnología de fuentes ERNC, desde el año 2004 hasta el año 2014 (en GW):



Fuente: Elaboración propia en base a REN 21, 2015, Renewables 2015 Global Status Report.

En 2014, la energía renovable siguió desarrollándose, aun con el dramático declive en los precios del petróleo durante la segunda mitad del año como telón de fondo.

Figura 1.6. Capacidad instalada de energía renovable (sin hídrica) en el mundo, en los países BRICS y siete países líderes en el año 2014:

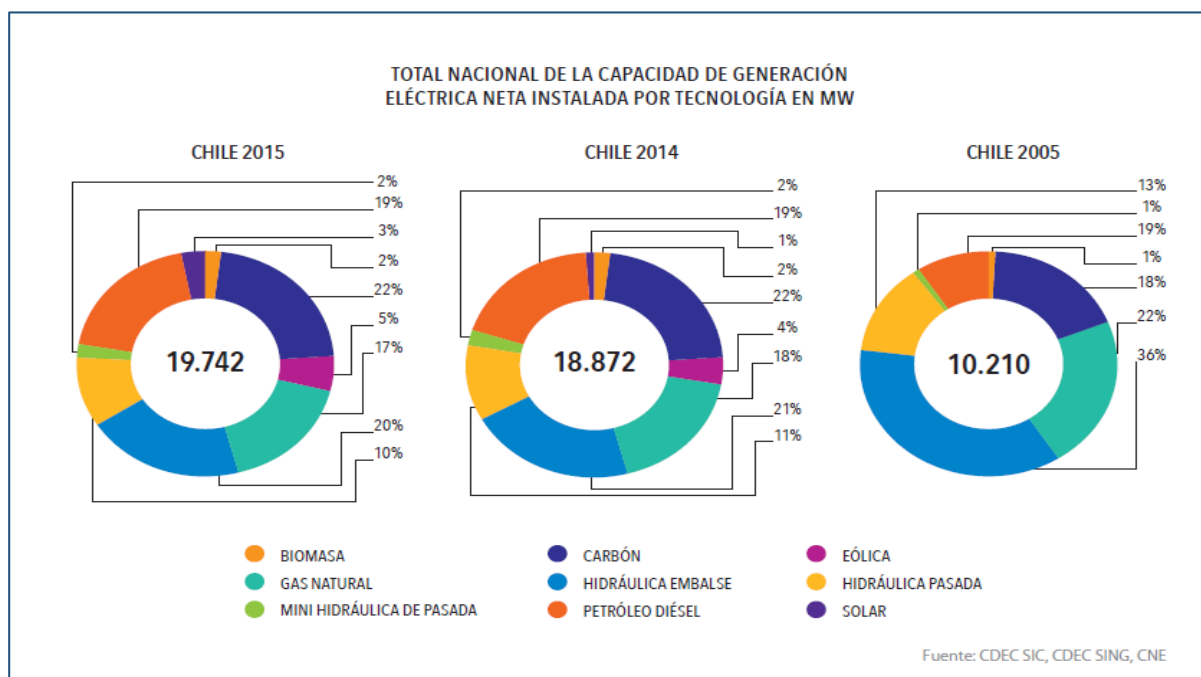


Fuente: IRENA, 2015.

Si nos centramos en las ERNC, excluyendo la energía hidráulica, siete países destacan en la generación de energía renovable a nivel mundial. Estos países son China, Estados Unidos, Alemania, Italia, España, Japón e India.

En el caso de Brasil, India y Sudáfrica reportaron una gran porción de capacidad añadida en sus respectivas regiones. Los países BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) mantienen un liderazgo importante en esta materia a nivel mundial.

Figura 1.7: Capacidad de Generación de ERNC instalada en Chile, Años 2005, 2014 y 2015:



Fuente: CDEC SIC, CDEC SING, CNE.

A nivel mundial, la transición de China hacia un modelo de crecimiento menos intensivo en energía tiene repercusiones fundamentales en las tendencias mundiales. El peso de China en el mundo de la energía es enorme: sigue siendo con mucho el mayor productor y consumidor de carbón del mundo durante nuestro período de previsión; el país instalará más capacidad de generación eléctrica renovable que cualquier otro país; y hacia 2030, superará a Estados Unidos como mayor consumidor de petróleo y tendrá un mercado de gas más grande que el de la Unión Europea. La demanda energética total de China en 2040 será casi el doble que la de Estados Unidos. (AIE, 2015)

En el caso chileno la capacidad instalada al año 2015, alcanzó los 19.742 MW de potencia instalada, y en el caso de las ERNC, alcanzó los 1.867 MW, equivalente al 9,45%. Por tanto, la ERNC sin hidro producida en Chile equivale al 0.0002% del total mundial geotérmica.

En 2014 las energías renovables componen casi la mitad de la capacidad de energía neta agregada en todo el mundo”, declaró Achim Steiner, director ejecutivo del PNUMA. Estas tecnologías energéticas respetuosas con el clima ahora son un componente indispensable de la matriz energética mundial y su importancia no hará más que aumentar a medida que los mercados maduren, los precios de la tecnología sigan cayendo y la necesidad de frenar las emisiones de carbono se haga cada vez más urgente.

Según indican los gráficos presentados, la aceleración de la transición del sistema energético tradicional-convencional hacia un sistema energético basado en las energías renovables está en marcha, y representa una importante oportunidad para cumplir con

los objetivos climáticos, el crecimiento económico, la creación de nuevas oportunidades de empleo y mejorar el bienestar humano (REN 21. 2016).

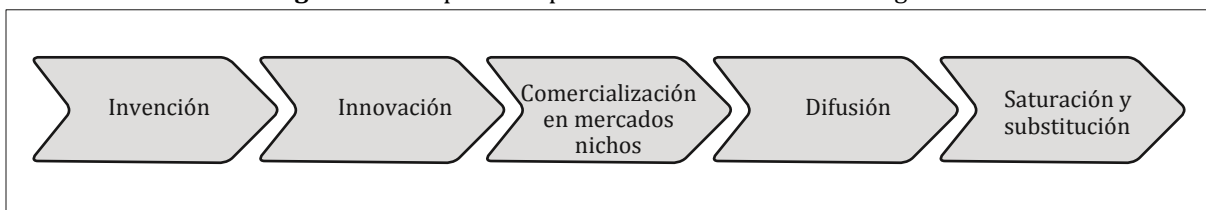
3.4. Barreras de entrada para electricidad proveniente de ERNC en Chile.

La brecha entre el potencial y la participación de la electricidad proveniente de fuentes ERNC generalmente se explica en función de la presencia de diversas barreras de entrada que impiden una mayor expansión (Yang, Williams y Monast, 2008).

Estas barreras, de naturaleza heterogénea e interconectada, y que están asociadas a factores económicos, técnicos, institucionales, políticos y sociales, corresponden a obstáculos que dificultan la materialización de proyectos de electricidad ERNC aparentemente costo efectivos (Parthan, Bachhiesl y Stgler, 2009). Pueden ser superadas por medio de instrumentos de apoyo público¹⁵ (REEEP, 2009). En efecto, es reconocido que la transformación tecnológica de los sistemas energéticos no es sólo materia de reemplazar una tecnología por otra, sino también de remover las fuertes barreras de entrada que enfrentan (Foxon y Pearson, 2008; Stern, 2006).

Si bien la abundante literatura especializada aborda estas barreras de diversas maneras, aquí se sigue el enfoque que utiliza la literatura sobre sistemas de innovación para identificarlas y clasificarlas. En este sentido, al igual que los sistemas de innovación en general, el desarrollo de la electricidad basada en fuentes ERNC puede ser entendido como un proceso que relaciona a quienes desarrollan las tecnologías con quienes las aplican. A grandes rasgos, en este proceso es posible identificar etapas que van desde el origen de las ideas hasta la saturación y el reemplazo de una tecnología, incluyendo: i) invención; ii) innovación; iii) comercialización en mercados nichos; iv) difusión y finalmente, v) saturación y sustitución (ver Figura 2.5 y Tabla 2.2).

Figura 1.8. Etapas en el proceso de innovación tecnológica



¹⁵ La superación de estas barreras puede ser abordada desde distintos ángulos, que van desde mejoras en las plataformas de información pública, optimización del mercado de la generación eléctrica, un perfeccionamiento del segmento regulado de la transmisión, un avance de la regulación ambiental y social y el desarrollo de capital humano.

Tabla 1.2.
Etapas en el proceso de innovación tecnológica

Etapas	Descripción
Invencción	Origen de las ideas así como una solución tecnológica a un problema o necesidad.
Innovación	Proceso de poner las ideas en práctica a través de investigación y desarrollo aplicado.
Comercialización en mercados nichos.	Aplicación de una tecnología en un mercado específico y limitado, frecuentemente involucra la colaboración entre los proveedores de una tecnología y sus usuarios y soporte tecnológico.
Difusión	Adopción de una tecnología por un gran número de usuarios, asociada a producción masiva; estandarización y realización de economías de escala.
Saturación y sustitución	Dominio del mercado disponible y la saturación de la demanda que eventualmente completa el ciclo de difusión, concurrente con la emergencia de una nueva y superior alternativa la cual mejora o redefine la calidad del servicio.

Cada etapa enfrenta barreras específicas que dificultan el avance del proceso y requiere de diferentes instrumentos de política para superarlas (Turkenburg, 2002). Mientras en las primeras etapas se encuentran las barreras de tipo “empuje tecnológico”, en las finales están las de tipo “arrastre del mercado” (Foxon, 2003). De acuerdo con una revisión de la literatura internacional, la Tabla 2.3 distingue las principales barreras a la electricidad ERNC en función de la etapa del proceso de innovación.

Tabla 1.3.
Barreras de entrada a la electricidad ERNC en el proceso de innovación

Tipo de barrera	Empuje tecnológico		Arrastre de mercado	
	Invención	Innovación	Comercialización	Difusión
Barrera	<ul style="list-style-type: none"> -Limitado acceso al financiamiento -Falta de capital humano capacitado -Falta de información técnica -Escaso financiamiento público para investigación y desarrollo 		<ul style="list-style-type: none"> -Debilidades en los servicios de apoyo técnico -Ausencia de límites a la emisión de CO2 -Incertidumbre frente al precio de venta de la electricidad -Dificultad de conexión -Exclusión de externalidades ambientales en los precios de la electricidad -Subsidios a combustibles fósiles. 	

3.4.1. Barreras de tipo empuje tecnológico

- Escaso financiamiento público para investigación y desarrollo

Uno de los principales factores en la difusión de avances tecnológicos en materia de electricidad ERNC es la inversión en investigación y desarrollo (Doner, 2007). Lo anterior es propio tanto del desarrollo de nuevas tecnologías como de la adaptación de tecnologías existentes a nuevas circunstancias (Ahuja y Tatsutani, 2009). Sin embargo, dado que el sector privado no es capaz de apropiarse de los beneficios sociales generados por esta actividad, tales como los asociados a una mayor seguridad energética y a menores impactos ambientales, su inversión es generalmente menor a la socialmente deseable (Doner, 2007). Así, es indispensable que los gobiernos apoyen financieramente el desarrollo de estas actividades (Ahuja y Tatsutani, 2009). Sin embargo, los actuales niveles de respaldo público son claramente insuficientes, especialmente en los países en desarrollo (Berr, 2008).

En países en vías de desarrollo la inversión en investigación y desarrollo tiende a ser muy baja en relación con la inversión que realizan los países más desarrollados. Por ejemplo Chile sigue siendo el país de la OCDE con los resultados más bajos en I+D (Investigación y Desarrollo), que se sitúan por debajo del 0,5 por ciento del PIB (OCDE, 2015).

– Limitado acceso al financiamiento

En los últimos diez años el acceso a financiamiento para proyectos de ERNC ha mejorado. Sin embargo, durante el año 2014 y 2015 las mayores barreras para los países en vías de desarrollo fueron contar con el financiamiento o con los recursos humanos necesarios para el uso de este tipo de energía (REN 21, 2015). En estos países el acceso a recursos financieros es central para el establecimiento de un suministro estable y diversificado. Con la energía renovable, la expansión del suministro de energía para todos los grupos de consumidores se está convirtiendo, cada vez más, en un reto financiero y político, y no en uno técnico.

Si bien la electricidad generada en base a ERNC presenta costos de operación bajos en comparación con los de las fuentes convencionales, sus costos de capital inicial son generalmente mayores. Estas tecnologías no sólo normalmente tienen mayores costos de inversión sino que también, en algunos casos, se considera inversiones de mayor riesgo debido a la incertidumbre que produce este tipo de tecnología en la evaluación económica de este tipo de proyectos. (Mitchell, 2012).

Así, generalmente las inversiones en proyectos ERNC requieren de mayor financiamiento para la misma capacidad de generación que un proyecto de energía termoeléctrica. De este modo, es común que los mercados de capitales exijan tasas de interés mayores para financiar estos proyectos, limitando la rentabilidad de los mismos (Mendonca, 2007).

Desde otra perspectiva financiera, Owen indicó que las energías renovables serían capaces de ser económicamente competitivas, especialmente en comparación con las plantas convencionales, si los costos de los daños de la combustión de combustibles fósiles fueran internalizados en el cálculo económico. Sin embargo, estos factores externos aún no se internalizan a través de impuestos y/o tasas sobre la energía generada a partir de combustibles fósiles. (Owen, 2006).

– Falta de capital humano capacitado

En los países que adoptan tecnologías provenientes del exterior, para que su operación sea eficiente es necesario que cuenten con un nivel mínimo de capital humano y de capacidades técnicas (Pueyo et al., 2011). Sin embargo, en muchos países escasean las capacidades locales que puedan adaptar las tecnologías asociadas a ERNC provenientes del exterior (Mendonca, 2007). Como expresa Barriga (2009), el tímido desarrollo de estas tecnologías en América Latina es frecuentemente atribuido a la ausencia de capacidades en la región.

La necesidad de formación de capital humano para aprovechar la totalidad de los beneficios asociados a las energías renovables es un tema amplio y que involucra distintos niveles, esto va desde capital humano de alto nivel, capaz de participar en redes de investigación internacionales y trabajar en centros de excelencia, así como profesionales capaces de innovar y adaptar tecnologías a la realidad local, además de profesionales y técnicos capaces de instalar, operar y mantener la tecnología. Otro

aspecto fundamental es la formación de profesionales capaces de desarrollar los sistemas de medición y certificación adecuados a lo largo de toda la cadena productiva. A esto se suma la necesidad de instituciones de desarrollar su capital humano con el propósito de poder ejercer su rol de monitoreo y fiscalización del mercado eléctrico (Ministerio de Energía, 2014).

– Falta de información técnica

Si bien el desarrollo de proyectos de ERNC requiere de acceso a información detallada sobre el potencial físico de las fuentes renovables locales y de las tecnologías requeridas para explotarse (Painuly, 2001), son pocos los países capacitados para generar y diseminar esta información (Uddin, Taplin y Yu, 2010). En efecto, en muchos países en desarrollo es común la ausencia de estimaciones precisas sobre diversos aspectos de estas fuentes, incluyendo su potencial de generación (Painuly, 2001), los beneficios ambientales que conllevan (Nguyen et al., 2010) y los requerimientos técnicos para su implementación (Mirza et al., 2009).

Para facilitar y mejorar la evaluación de proyectos de energías renovables por parte de inversionistas privados, se debe trabajar en estudios para identificar los lugares con mayor potencial según la fuente de energía. Los problemas más comunes a este aspecto son los conocimientos suficientes con respecto a los beneficios ambientales y económicos de la instalación de proyectos de ERNC, el conocimiento inadecuado de tecnologías de energía renovable (Zoelner, 2008, Sovacool 2009), la incertidumbre acerca de la viabilidad económica de los proyectos de instalación de fuentes de energía renovable (Zografakis, 2009) y la oposición pública debido a una serie de razones, incluyendo impactos paisaje marino, daños al medio ambiente, y la falta de consulta, así como mecanismos adecuados de solución de controversias con las comunidades locales (West, 2010).

3.4.2. Barreras de tipo arrastre de mercado

-Subsidios a combustibles fósiles

Los subsidios mundiales a los combustibles fósiles y a la energía nuclear siguen siendo altos a pesar de los esfuerzos por reformarlos. Se estiman hasta en 5,6 trillones de dólares al año (Fondo Monetario Internacional, 2015)

El crecimiento del aprovechamiento de energía renovable y de mejoras en eficiencia energética se ve frenado por los subsidios a los combustibles fósiles y a la energía nuclear, particularmente en los países en desarrollo. Los subsidios mantienen bajos los precios de manera artificial, lo que dificulta que las energías renovables puedan competir. Los precios artificialmente bajos también desalientan la eficiencia energética y la conservación.

Crear un campo de juego uniforme puede llevar a una asignación más eficiente de los recursos financieros, lo que ayuda a fortalecer las iniciativas para avanzar en el

desarrollo y la implementación de las tecnologías en energías renovables. (REN 21, 2015).

– Debilidades en los servicios de apoyo técnico

El desarrollo de la electricidad de origen ERNC requiere de profesionales locales capacitados para instalar, operar y mantener las tecnologías correspondientes (Mendonca, 2007). Sin embargo, en Chile, como en muchos países su escasez es común, especialmente para las tecnologías más incipientes (Nguyen et al., 2010), principalmente debido a programas de capacitación inadecuados o inexistentes (Brown et al., 2007). Esto aumenta la incertidumbre frente a estas tecnologías en la etapa de desarrollo comercial (Mirza et al., 2009) y produce desconfianza en los consumidores de las tecnologías presentes en el mercado con respecto a la calidad de su operación (Neumann, 2009).

Se debe prestar especial atención a este aspecto en vista del importante crecimiento que está experimentando el sector energía, gracias a la instalación de diversos proyectos de energía que requieren la formación laboral de técnicos y profesionales. La necesidad de capacitación y reconocimiento de las debilidades en algunos aspectos de la institucionalidad ha llevado a los reguladores tomar medidas de fortalecimiento institucional (Ministerio de Energía, 2014). Y es que si bien hace dos años se comenzó a observar un marcado crecimiento en la demanda de profesionales del rubro energético no convencional, durante 2016 se proyecta un alza de 15% en los requerimientos de mano de obra para el sector, debido a que, de los más de 60 proyectos de generación eléctrica en etapa de construcción en Chile entre la Zona Norte y Centro; en promedio, 80% corresponde a energías renovables no convencionales (Ernc), 88% pertenecientes al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y 73% que recaen en el Sistema Interconectado Central (SIC)(CIFES, 2016).

– Ausencia de límites a la emisión de CO₂

La existencia de iniciativas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero es un factor determinante para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad basada en ERNC (Kautto, 2005). Así, la ausencia de obligaciones en esta materia está asociada a una baja generación de este tipo de electricidad. Como expresa Valentine (2010), a medida que los gobiernos adoptan compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el fomento de la electricidad generada mediante ERNC tiende a aumentar. Esta ausencia de límites nacionales para la emisión de CO₂ se ve fuertemente atenuada por los compromisos internacionales establecidos en La XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático o 21^a Conferencia de las Partes y la 11^a Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto (COP21/CMP11), en esta reunión se suscribió el “Acuerdo de París”, sobre el cambio climático” (COP 21, 2015). En esta cumbre 195 países acordaron realizar esfuerzos para limitar la emisión de CO₂ para mantener el aumento de la temperatura

global por debajo de los 2 grados celcius en relación a la temperatura planetaria de la era pre-industrial. Para esto, los países establecieron que estos esfuerzos se revisarán cada cinco años, ajustando las metas y compromisos de cada uno de los países suscriptores a la meta mundial en la materia. Los puntos principales de este acuerdo son:

1- Haber establecido un compromiso de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los dos grados centígrados.

2- Acordar la creación de un fondo de US\$100.000 millones para apoyar los esfuerzos de combatir el cambio climático de los países en desarrollo a partir de 2020.

3- Tener carácter jurídicamente vinculante para los países firmantes: Todos estos compromisos, si bien no tienen un reglamento de aplicación inmediata, sí son vinculantes para los estados, y estos últimos, en virtud de su compromiso, deben desarrollar políticas nacionales destinadas a disminuir sus emisiones de CO₂ (COP 21, 2015)

– Exclusión de externalidades ambientales en los precios de la electricidad

Todas las tecnologías de generación eléctrica imponen costos económicos a individuos o la comunidad que no son pagados por el productor o el consumidor de la electricidad, especialmente las convencionales (Biegler, 2009). Mientras la externalidad más significativa de las fuentes fósiles corresponde a las emisiones del CO₂, para la energía nuclear es el almacenaje de residuos radiactivos (Valentine, 2010). Sin embargo, éstas no son incorporadas en los precios de la electricidad (Bjork et al., 2011). Esta distorsión en el funcionamiento del mercado eléctrico opera como un subsidio oculto para las fuentes convencionales (Stangeland, 2007), afectando las ventajas ambientales de la electricidad generada a través de ERNC y haciéndola menos competitiva (Mirza et al., 2009).

En este sentido resulta urgente el desarrollo de mecanismos económicos que conlleven a incentivar el uso de energías renovables sobre fuentes contaminantes (MORENO, 2013). Una de las propuestas en esta línea, ha sido recomendada por la OECD, la que señala mecanismos, como por ejemplo mecanismos feed in tariff, mecanismos de impuestos a las emisiones de CO₂ o mercados de bonos de carbono, para internalizar las externalidades ambientales, promover la innovación verde y la adopción de tecnologías limpias.

Actualmente, según la OECD, uno de los problemas más graves en esta materia es que los impuestos sobre la energía no cubren adecuadamente las externalidades, en especial para el uso energético fuera del sector del transporte y el diésel (OECD, 2013).

Los subsidios¹⁶ mundiales a los combustibles fósiles y a la energía nuclear siguen siendo altos a pesar de los esfuerzos por reformarlos. Se estiman hasta en 5,6 trillones de dólares al año (Fondo Monetario Internacional, 2015)

El crecimiento del aprovechamiento de energía renovable y de mejoras en eficiencia energética se ve frenado por los subsidios a los combustibles fósiles y a la energía nuclear¹⁷, particularmente en los países en desarrollo. Los subsidios mantienen bajos los precios de manera artificial, lo que dificulta que las energías renovables puedan competir. Los precios artificialmente bajos también desalientan la eficiencia energética y la conservación.

Crear un campo de juego uniforme puede llevar a una asignación más eficiente de los recursos financieros, lo que ayuda a fortalecer las iniciativas para avanzar en el desarrollo y la implementación de las tecnologías en energías renovables. (REN 21, 2015).

- Debilidades en los servicios de apoyo técnico

El desarrollo de la electricidad de origen ERNC requiere de profesionales locales capacitados para instalar, operar y mantener las tecnologías correspondientes (Mendonca, 2007). Sin embargo, en Chile, como en muchos países su escasez es común, especialmente para las tecnologías más incipientes (Nguyen et al., 2010), principalmente debido a programas de capacitación inadecuados o inexistentes (Brown et al., 2007). Esto aumenta la incertidumbre frente a estas tecnologías en la etapa de desarrollo comercial (Mirza et al., 2009) y produce desconfianza en los consumidores de las tecnologías presentes en el mercado con respecto a la calidad de su operación (Neumann, 2009).

Se debe prestar especial atención a este aspecto en vista del importante crecimiento que está experimentando el sector energía, gracias a la instalación de diversos proyectos de energía que requieren la formación laboral de técnicos y profesionales. La necesidad de capacitación y reconocimiento de las debilidades en algunos aspectos de la institucionalidad ha llevado a los reguladores tomar medidas de fortalecimiento institucional (Ministerio de Energía, 2014). Y es que si bien hace dos años se comenzó a observar un marcado crecimiento en la demanda de profesionales del rubro energético no convencional, durante 2016 se proyecta un alza de 15% en los requerimientos de mano de obra para el sector, debido a que, de los más de 60 proyectos de generación eléctrica en etapa de construcción en Chile entre la Zona

¹⁶ Los subsidios a los combustibles fósiles pueden ser definidos como una intervención deliberada de política gubernamental que específicamente se enfoca en esos combustibles, y en la electricidad o la calefacción generada a partir de combustibles fósiles, y que tiene uno más de los siguientes efectos:i). Reducir el costo neto de la energía adquirida;ii) Reducir el costo de producción o transporte de los combustibles, la electricidad o el calor; y,iii)Aumentar los ingresos de los dueños de los recursos o proveedores de combustibles, electricidad o calor.

¹⁷ Chile no cuenta con energía nuclear, pero resulta pertinente mencionar, para tener información completa, que existen importantes subsidios a este tipo de energía en otros países.

Norte y Centro; en promedio, 80% corresponde a energías renovables no convencionales (Ernc), 88% pertenecientes al Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y 73% que recaen en el Sistema Interconectado Central (SIC)(CIFES, 2016).

– Ausencia de límites a la emisión de CO₂

La existencia de iniciativas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero es un factor determinante para el desarrollo de proyectos de generación de electricidad basada en ERNC (Kautto, 2005). Así, la ausencia de obligaciones en esta materia está asociada a una baja generación de este tipo de electricidad. Como expresa Valentine (2010), a medida que los gobiernos adoptan compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el fomento de la electricidad generada mediante ERNC tiende a aumentar. Esta ausencia de límites nacionales para la emisión de CO₂ se ve fuertemente atenuada por los compromisos internacionales establecidos en La XXI Conferencia Internacional sobre Cambio Climático o 21^a Conferencia de las Partes y la 11^a Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto (COP21/CMP11), en esta reunión se suscribió el “Acuerdo de París”, sobre el cambio climático” (COP 21, 2015). En esta cumbre 195 países acordaron realizar esfuerzos para limitar la emisión de CO₂ para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 grados celcius en relación a la temperatura planetaria de la era pre-industrial. Para esto, los países establecieron que estos esfuerzos se revisarán cada cinco años, ajustando las metas y compromisos de cada uno de los países suscriptores a la meta mundial en la materia. Los puntos principales de este acuerdo son:

1- Haber establecido un compromiso de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los dos grados centígrados.

2- Acordar la creación de un fondo de US\$100.000 millones para apoyar los esfuerzos de combatir el cambio climático de los países en desarrollo a partir de 2020.

3- Tener carácter jurídicamente vinculante para los países firmantes: Todos estos compromisos, si bien no tienen un reglamento de aplicación inmediata, sí son vinculantes para los estados, y estos últimos, en virtud de su compromiso, deben desarrollar políticas nacionales destinadas a disminuir sus emisiones de CO₂ (COP 21, 2015)

– Exclusión de externalidades ambientales en los precios de la electricidad

Todas las tecnologías de generación eléctrica imponen costos económicos a individuos o la comunidad que no son pagados por el productor o el consumidor de la electricidad, especialmente las convencionales (Biegler, 2009). Mientras la externalidad más significativa de las fuentes fósiles corresponde a las emisiones del CO₂, para la energía nuclear es el almacenaje de residuos radiactivos (Valentine, 2010).

Sin embargo, éstas no son incorporadas en los precios de la electricidad (Bjork et al., 2011). Esta distorsión en el funcionamiento del mercado eléctrico opera como un subsidio oculto para las fuentes convencionales (Stangeland, 2007), afectando las ventajas ambientales de la electricidad generada a través de ERNC y haciéndola menos competitiva (Mirza et al., 2009).

En este sentido resulta urgente el desarrollo de mecanismos económicos que conlleven a incentivar el uso de energías renovables sobre fuentes contaminantes (MORENO, 2013). Una de las propuestas en esta línea, ha sido recomendada por la OECD, la que señala mecanismos, como por ejemplo mecanismos feed in tariff , mecanismos de impuestos a las emisiones de CO2 o mercados de bonos de carbono, para internalizar las externalidades ambientales, promover la innovación verde y la adopción de tecnologías limpias.

Actualmente, según la OECD, uno de los problemas más graves en esta materia es que los impuestos sobre la energía no cubren adecuadamente las externalidades, en especial para el uso energético fuera del sector del transporte y el diésel (OECD, 2013).

4. El desarrollo actual de las ERNC en Chile

4.1. Impulsores específicos para la generación de la electricidad mediante ERNC en Chile¹⁸

Al igual que en otros países, en el caso chileno los beneficios de la generación de electricidad mediante ERNC revisados en la sección 2.2 son muy importantes. Sin embargo, la situación nacional presenta particularidades que permiten destacar la influencia de algunos impulsores específicos, tales como el gran potencial de ERNC aún sin desarrollar en el país y los altos costos de la electricidad en conjunto con la consolidación de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de las ERNC. Estos se revisan a continuación.

4.1.1. *Potencial de electricidad generada mediante ERNC en Chile*

En los últimos años se ha avanzado de manera significativa en la evaluación del potencial de aprovechamiento de ERNC como fuente para la generación de electricidad. Existen distintos estudios, y cada uno de estos estudios hace estimaciones diferentes del potencial total de ERNC en Chile, pues, han utilizado distintas metodologías, y se refieren a potenciales diferentes.

Al respecto, se identifican tres tipos de potenciales de generación eléctrica: teórico, técnico y económico. El primero de ellos evalúa la disponibilidad total de energía de las fuentes renovables, con aproximaciones teóricas, sin discriminar la viabilidad técnica y económica de su aprovechamiento. Según el Ministerio de Energía, bajo esta aproximación una buena parte de las ERNC en Chile tienen potenciales teóricos muy altos, siendo éstos de 16.000 MW para la geotermia, 30.000 MW para la eólica, 228.000 MW para solar y 240.000 MW para la proveniente de los océanos (del Campo, 2011).

El potencial técnico por su parte, se refiere a las posibilidades de aprovechamiento de las ERNC, considerando entre otras cosas el desarrollo tecnológico y la posibilidad de acceder a los recursos. Por ejemplo, bajo este análisis si bien el potencial teórico de la energía de los mares es enorme, su potencial técnico aún es bajo debido a que las tecnologías para su aprovechamiento se encuentran en etapas iniciales de maduración, sin perjuicio que en el mediano plazo pueden llegar a ser tecnologías comerciales.

Finalmente, el potencial económico, considera la competitividad de las ERNC respecto de otras fuentes de suministro, la cual varía en el tiempo en función del grado de madurez tecnológica y su impacto en los costos de inversión, de la disponibilidad de infraestructura, de las políticas de fomento que puedan existir y, principalmente, de la evolución de los precios de la energía y su proyección en el tiempo.

Estudios más recientes, superan las estimaciones anteriores sobre el potencial chileno en materia de ERNC, específicamente, el estudio “El Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico de Arica a Chiloé”, el que fue desarrollado en el marco del proyecto “Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los Sistemas Eléctricos Interconectados”, implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für

¹⁸ Esta sección está basada mayoritariamente en Santana (2011).

Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) como parte de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania, sitúa el potencial teórico disponible de Chile en materia de ERNC en 40.452 MW para energía eólica; 1.640.128 MW para el caso solar fotovoltaico; 552.871 MW para la termoeléctrica de concentración solar, y 12.472 MW para el caso hidroeléctrico. Cabe indicar que se consideran proyectos de capacidad instalada significativa, con la excepción de centrales hidroeléctricas donde el límite inferior se definió en 100 kW, no incluyéndose proyectos orientados al autoconsumo o fotovoltaicos en zonas urbanas (GIZ, 2014).

Tabla 1.4 Estimación del potencial técnico para la generación de electricidad con fuentes ERNC en Chile en MW.

Fuente	2006	2011	2014
Geotermia	2.000	2.000	2.000
Eólica	6.000	15.000	40.452
Pequeña hidro	2.600	2.600	12.472
Biomasa/Biogás	1.000	1.000	-
Solar		100.000	1.640.128.
Concentration Solar Power (CSP)	-	-	552.871.
Total	11.600	120.600	2.247.923

Fuente: Santana (2011) para potencial determinado en año 2006 y 2011 y GIZ (2014) para potencial disponible del año 2014.

Esta investigación comprendió las zonas cubiertas por el SING y el SIC a 2012, incluyendo la posibilidad de conexión de proyectos distantes, aproximadamente, a 100 km de las líneas de transmisión existentes a esa fecha. Ello incluye la totalidad del territorio nacional desde la Región de Arica y Parinacota hasta la isla de Chiloé. Además esta investigación está orientada a la identificación del “potencial disponible”: para efectos de este trabajo, en general se entenderá como potencial disponible aquella

fracción del potencial evaluado que no contaba con proyectos operativos a la fecha representativa de la evaluación. La intención tras este concepto, es dimensionar un límite superior aún sin explotar para el desarrollo de las energías renovables evaluadas dentro del dominio de análisis.

Bajo este último enfoque, en la actualidad y en el corto plazo, las ERNC con mejores perspectivas de desarrollo en Chile para generación eléctrica son la energía solar, eólica, algunas aplicaciones de la biomasa¹⁹/biogás²⁰ y pequeñas centrales hidroeléctricas.

Por una parte destaca la evolución de tecnologías para detección de ERNC y de aprovechamiento de fuentes de ERNC en especial asociadas a la generación de energía con tecnología eólica, solar y pequeñas centrales hidroeléctricas, que no sólo mejora las estimaciones previas, sino que también indica potenciales superiores a los previamente estimados, los que probablemente continuarán incrementándose debido a que los potenciales anteriores se estimaron de manera conservadora. Por otro lado, se evidencia el gran potencial nacional en ERNC el cual a lo menos es muy superior a la magnitud de la capacidad instalada de generación eléctrica nacional.

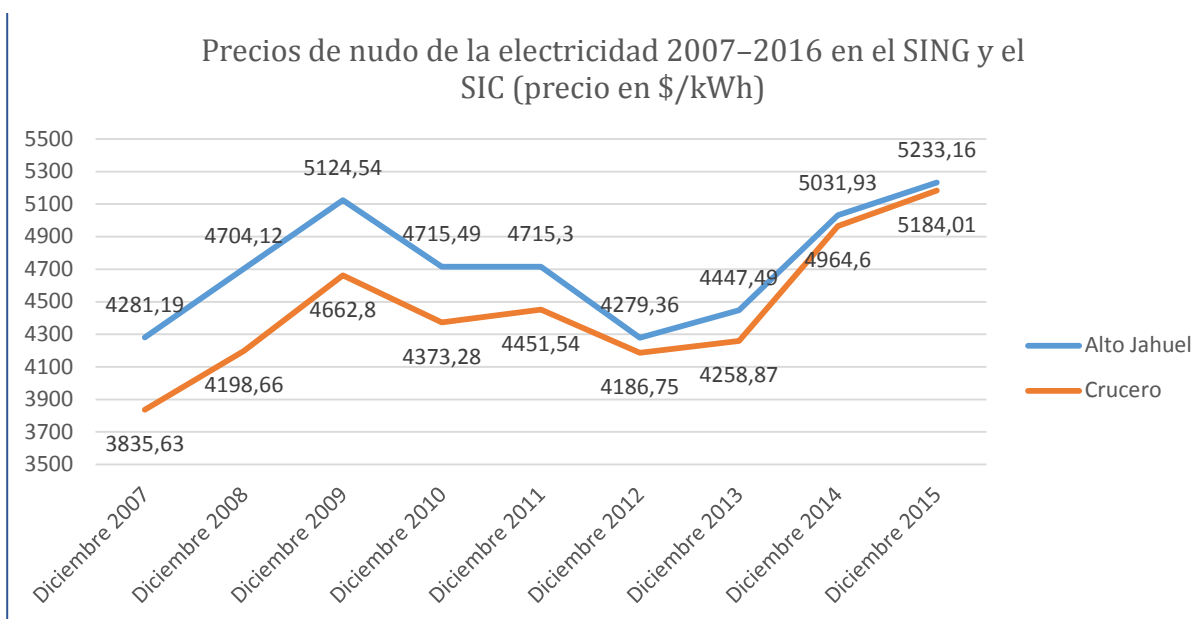
4.1.2. Evolución de los precios de la electricidad y maduración tecnológica

La evolución de los precios de la energía eléctrica en el país es uno de los principales elementos que permiten contextualizar la competitividad de las ERNC en Chile, y por ende sus potenciales de desarrollo. La Figura 3.1 resume la evolución de esos precios a diciembre de 2015, expresados como precios de nudo²¹ de energía, en los dos principales sistemas eléctricos nacionales.

¹⁹ La biomasa es atractiva por su bajo costo y alta disponibilidad en diversos climas y localidades del país. Sin embargo, el principal desafío para su utilización es la falta de una tecnología de bajo costo para una adecuada conversión energética, que de valor agregado a la simple combustión que se utiliza hoy, mediante mayores niveles de eficiencia en el aprovechamiento del recurso. En cuanto a los energéticos posibles a utilizar en Chile se puede considerar por ejemplo la biomasa forestal o residuos agrícolas. Sobre tienen mayores perspectivas guarda relación.

²⁰ El Biogás, dentro de los usos que tiene mayor futuro en Chile, están el uso del biogás en rellenos sanitarios, así como distintas plantas de biogás en el sector agrícola. El último estudio del potencial de biogás en Chile, publicado por la Comisión Nacional de Energía y la cooperación técnica alemana (GIZ), señala que el potencial de energía eléctrica total varía entre 160.215 [MWh/año] a 256.343 [MWh/año] y que el potencial de energía cogenerada total varía entre 370.353 [MWh/año] a 592.565 [MWh/año]

²¹ Precio máximo aplicable al suministro de electricidad de clientes regulados, considerando el costo de generación y transporte, sin considerar la distribución. El precio nudo es el que fija la autoridad o el que resulta de los procesos de licitación de suministro de clientes regulados (CNE, 2016)

Figura 1.9. Evolución de los precios de nudo de electricidad 2007-2015 en el SING y SIC.

Fuente: CNE, 2016.

El aumento de los precios de la electricidad producto del corte de suministro de gas experimentado en Chile durante el año 2004, una sequía prolongada hicieron que los costos de la electricidad convencional en Chile se elevaran, y provocaron que , as tecnologías ERNC se hayan vuelto más competitivas frente a las fuentes de generación tradicional. Esto ha sido especialmente importante para las tecnologías ERNC maduras desde hace tiempo, como las pequeñas centrales hidroeléctricas, la energía solar y las centrales de biomasa. Del mismo modo Chile ha fijado dentro de su Política Energética como condición esencial para alcanzar el desarrollo sustentable, que Chile se posicione entre los tres países OCDE con menores precios promedio de suministro eléctrico en el largo plazo (Ministerio de Energía, 2015). Dentro de este contexto el Gobierno de Chile ha escogido aprovechar el potencial de ERNC de Chile, y que estas tecnologías jueguen un rol clave dentro del desarrollo energético del país. Así lo define el segundo pilar de la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, mediante el cual se consolidarán e implementarán herramientas de información actualizada y de carácter público que servirán para orientar y facilitar decisiones de inversión privada en proyectos de ERNC (GIZ, 2014; Ministerio de Energía, 2013).

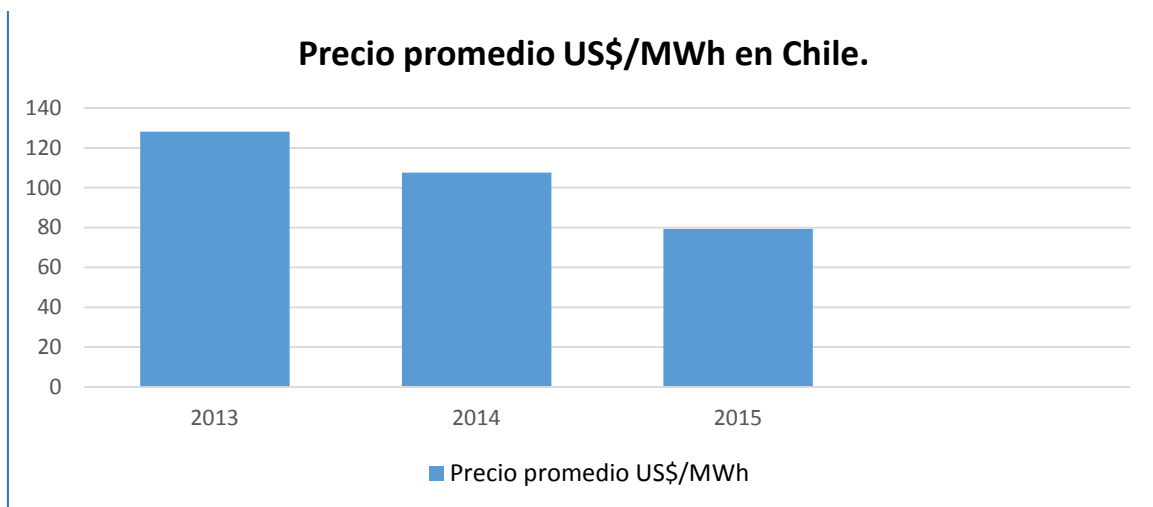
A esto se suma que las ERNC han alcanzado su madurez tecnológica, luego de décadas de desarrollo. Entre estas destacan tanto la tecnología eólica, como la solar fotovoltaica. La competitividad de estas energías se ha visto incrementada con la disminución de sus costos de producción y la consolidación de una oferta internacional de proveedores de equipos confiables y con garantías adecuadas.

Muestra de esto ha sido la última licitación de suministro para distribuidoras del año 2015. En esta se adjudicó la totalidad del suministro a generadores de energía basada en ERNC. El precio promedio de las adjudicaciones fue de US\$79,336 por MWh, muy por debajo de los US\$107,6 por MWh promediados en la licitación de 2014 y también lejos de los US\$128,2 de la licitación en noviembre de 2013. (Superintendencia de Electricidad y Combustible, 2015).

Esta licitación considera un volumen anual de 1.200 GWh por 20 años, a contar de 2017, y ha sido considerada un hecho histórico, pues se adjudicó la totalidad de este volumen a compañías generadoras en base a fuentes ERNC, quienes dejaron fuera a compañías generadoras de electricidad de fuentes tradicionales.

En este sentido, resulta sumamente destacable la importante reducción de precios, liderada por compañías de generación basadas en fuentes de generación de energías renovables que beneficiará a largo plazo la economía del país y a los consumidores.

Figura 1.9. Comparación de los precios promedios de electricidad en licitaciones de suministro eléctrico de los años 2013, 2014 y 2015 [en US\$/MWh]



Fuente: Elaboración propia en base a información de la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).

4.1.3. Fomento de las ERNC en Chile. Antecedentes ²²

Chile, en la actualidad, ha sido el único mercado en el mundo que ha logrado desarrollar las energías renovables de forma competitiva y sin subsidios. La meta establecida por el Gobierno es que un 45% de la nueva capacidad instalada al 2025 provendrá de fuentes

²² Esta sección está basada mayoritariamente en Santana (2011).

renovables, para cumplir con la meta "20/25", según la que deberá existir un 20% de energías renovables no convencionales en la matriz energética en el 2025, (CIFES, 2015).

Durante gran parte de las pasadas dos décadas, la eficiencia económica fue el objetivo que predominó en el desarrollo del sector eléctrico en Chile, entendida como el suministro al menor precio posible. Si bien tanto la seguridad de suministro como la sustentabilidad ambiental han sido considerados como objetivos deseables, no contaban con instrumentos en la política energética que se hicieran cargo de ellos.

El actual gobierno de Michelle Bachelet, que asumió el 11 de marzo del año 2014, atendiendo trazó dentro de sus principales objetivos el avanzar en una política ambiental que incluyese la sustentabilidad y las ERNC en sus objetivos. Dentro de esta política se lanzaron dos importantes instrumentos de política energética. La denominada "Agenda de Energía", en el año 2014, y recientemente el programa "Energía 2050".

El primer documento, la "Agenda Energética", refleja el espíritu participativo, el sentido de urgencia y el fuerte acento en una participación ciudadana, al señalar:

"Al Ministerio de Energía se le encomendó, como una de las 50 medidas para los 100 primeros días de Gobierno, la elaboración de una agenda que sirviera como hoja de ruta para construir y ejecutar una Política Energética de largo plazo que tenga validación social, política y técnica"(Ministerio de Energía, 2014).

Por su parte "Energía 2050", plantea: "El país que todos los chilenos anhelamos para el año 2050, con mayores niveles de bienestar personal y colectivo, se construye hoy. Para avanzar en la dirección que deseamos, es indispensable planificar el camino y consensuar una estrategia que sea el fruto de la contribución de los distintos estamentos de la ciudadanía. Necesitamos políticas públicas adecuadas para ir modelando sistemáticamente y sin improvisaciones el país que recibirán las próximas generaciones de chilenos"(Ministerio de Energía, 2015).

En efecto, los objetivos anteriores forman parte de los delineados por el presente Gobierno y los anteriores, lo que se ve reflejado en las dos últimas políticas energéticas nacionales. En este sentido, existe en el país un relativo consenso con respecto a que una mayor participación de las ERNC en el mercado eléctrico contribuirá a los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental. La seguridad de suministro se pretende alcanzar diversificando la matriz energética con fuentes autóctonas y tecnologías que hoy no están presentes en ella o sólo lo están de manera marginal, contribuyendo a incrementar una relativa independencia energética (Ministerio de Energía, 2013). Además, contribuyen a mitigar el impacto que tienen las variaciones internacionales de los precios de los combustibles que son importados hacia Chile y permiten un desarrollo distribuido geográficamente. En cuanto a la sustentabilidad ambiental, se señala que las ERNC son menos invasivas en el medio ambiente que las fuentes de generación eléctrica convencionales, ya que, producen escasa o nula contaminación atmosférica local, son compatibles o complementarias con otras actividades económicas, como las turísticas o agrícolas, y contribuyen a mitigar los

efectos que el consumo energético mundial está teniendo en el clima del planeta (Ministerio de Energía, 2015).

Tres han sido las principales líneas de acción emprendidas con el fin de fomentar proyectos de ERNC en Chile: el perfeccionamiento del marco regulatorio del mercado eléctrico, los avances tecnológicos y la implementación de instrumentos de apoyo directo a iniciativas de inversión en ERNC". A continuación se revisan estos avances.

4.1.4. Marco regulatorio - Normativa eléctrica

Desde hace casi una década comenzaron a aprobarse algunas leyes destinadas a fomentar las ERNC, las que expondremos en esta sección. Estos han apuntado a velar por que las reglas que rigen el mercado eléctrico tomen en consideración las particularidades de las ERNC, permitan su desarrollo y eliminen las barreras de entrada que comúnmente enfrentan. Estas leyes, junto a los avances tecnológicos a nivel mundial, los esfuerzos de gobiernos y organismos multilaterales, así como las demandas de la sociedad civil por fuentes de generación eléctrica menos contaminante, han mostrado algunos resultados positivos, por ejemplo, tenemos que el año 2014 el sector eléctrico chileno cerró con un 10.9% de participación ERNC, totalizando 2.052 MW proveniente de fuentes renovables no convencionales en operación, mientras que a un mes de terminar el 2015, el sector eléctrico chileno alcanza cuenta con 2.504 MW de capacidad de ERNC instalada en operación, equivalente a un 11,43% del total.

La Ley 19.940 de marzo de 2004, más conocida como la Ley Corta I, y que modificó la Ley General de Servicios Eléctricos²³, implementó un beneficio subsidiario (subsidio cruzado) para las ERNC por medio de la formalización de la excepción del pago de peaje de transmisión troncal: mientras la exención es total para centrales menores a 9 MW, ésta es parcial para centrales entre 9 y 20 MW. Además, esta modificación estableció el derecho de acceso al mercado energético, independientemente del tamaño que se tenga y se clarificó el principio de que todo generador tiene derecho a producir y vender energía eléctrica. En otras palabras, luego de esta modificación, todos los generadores tienen mercados similares para sus productos eléctricos (CNE, 2008). Posteriormente, con la Ley 20.018 de mayo de 2005, coloquialmente conocida como Ley Corta II, la Ley General de Servicios Eléctricos fue nuevamente modificada, buscando asegurar la participación de los generadores de ERNC en la matriz eléctrica del país. A través de esta modificación se permite que, sin perjuicio del derecho a ofertar en las licitaciones de energía eléctrica, los propietarios de medios de generación de ERNC tengan derecho a suministrar a los concesionarios de distribución hasta el 5% del total de la demanda destinada a clientes regulados (Mohr, 2007).

²³ La "Ley General de Servicios Eléctricos" (DFLN° 1, Ministerio de Minería, 1982) es la principal norma que regula el sector eléctrico chileno. De este modo, fue estructurado en segmentos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Al mismo tiempo, el Estado, bajo un fuerte influjo neoliberal, otorgó a agentes privados la facultad para definir dónde, cómo y cuándo desarrollar los proyectos de generación eléctrica, reservándose, en ese entonces, tan solo, funciones de fiscalización en general, y planificación indicativa de inversiones.

Por su parte, en 2005 se publicó el Decreto Supremo N° 244, también denominado Reglamento para Medios de Generación No Convencionales y Pequeños Medios de Generación. Este desarrolla y ejecuta las disposiciones señaladas en las leyes anteriores y clasifica según tamaño y punto de conexión a las unidades de generación (Mohr, 2007).

En el año 2009, con la Ley 20.365, se establecieron franquicia tributaria para colectores solares. El objetivo de esta ley fue incorporar una franquicia tributaria a los sistemas solares térmicos que sirven para abastecer de agua caliente sanitaria (ACS) mediante la utilización de energía solar a viviendas nuevas de hasta 4.500 unidades de fomento (UF), abaratando con ello el costo de instalación de estos sistemas en los hogares de las familias de menores ingresos y de la clase media.

Más recientemente, la Ley 20.257 de abril de 2008 incorpora otra modificación a la Ley General de Servicios Eléctricos, la que busca crear las condiciones para materializar proyectos de ERNC. Esta exige a las empresas generadoras del SING y del SIC con capacidad instalada superior a 200 MW acreditar que entre 2010 y 2014 un 5% de la energía comercializada a sus clientes fue inyectada a los sistemas eléctricos por medios de generación basados en ERNC, sean éstos propios o contratados. A partir del 2015 la obligación se incrementa gradualmente, aumentando en un 0,5% anual, hasta llegar al 20% en 2025 (CNE, 2008). En caso de incumplimiento, las empresas generadoras serán económicamente sancionadas, debiendo efectuar un pago de 0,4 UTM por cada megawatt hora de ERNC no acreditada, el que aumentará a 0,6 UTM en caso de que las empresas reincidan en incumplimiento (Borregaard y Katz, 2009).

En marzo de 2012 se creó, además, la llamada Ley “Net Metering” [Ley 20.571 esta Ley considera que la empresa distribuidora paga en dinero al particular, por la energía de fuentes ERNC incorporada al sistema. La remuneración que se paga es equivalente al precio de nudo de energía (es decir, se paga sólo el precio que tiene la energía previo a ser transmitida y distribuida). No el precio al que el usuario compra esa energía, sino un precio inferior. Esta norma contempla como límite instalaciones de hasta 300 kw de potencia. Pese a que esto ha significado un avance en cuanto a los estímulos de ERNC, esta Ley no ha estado exenta de críticas, en cuanto se ha señalado que la compensación por la energía inyectada debiese ser mayor a la existente. En el año 2013 se publicó la Ley 20.698, que establece que al año 2025, el 20% de la energía comercializada debe provenir de fuentes renovables no convencionales, e introduce mecanismos de licitación de bloques de ERNC para apoyar el cumplimiento de esta nueva meta (GIZ, 2014).

Por último, la Ley 19.657 regula las concesiones de energía geotérmica, las concesiones y licitaciones para la exploración o la explotación de energía geotérmica; servidumbres y las condiciones de seguridad que deban adoptarse y relaciones entre las partes interesadas (empresas y estado). Además, establece un procedimiento que faculta a toda persona natural chilena y a toda persona jurídica constituida en Chile a solicitar una concesión de energía geotérmica y a participar en una licitación pública para el otorgamiento de concesiones.

Finalmente, la Ley 20.805 perfecciona el sistema de licitaciones de suministro eléctrico para clientes regulados e introduce la posibilidad de incluir elementos para orientar o guiar los procesos de licitación, generando a la vez la posibilidad de discriminar

positivamente tecnologías y establecer plazos a estos. Esta reforma permite privilegiar tecnologías ERNC en licitaciones. .

En los últimos cuatro años se ha podido verificar el impacto significativo que han tenido las modificaciones al marco regulatorio, que sumados a otros factores, han dado un impulso sustantivo al desarrollo de las ERNC en Chile, pasando de 0 MW operando en el año 2007 a 234 MW operando a mediados de 2009, a una potencia instalada de 2.504 MW, al finalizar el año 2015 y a 4195,64 MW a septiembre del 2017.

Desafíos normativos

Estimamos que uno de los objetivos que se debe incorporar en plenitud en cualquier planificación de desarrollo energética nacional es el objetivo de garantizar la integración armónica de todos los sectores de la nación, bajo la idea de cohesión social, asentada en la igualdad y el principio de no discriminación, estos preceptos, son deberes que nuestra Constitución impone a todos los órganos del Estado. En este sentido, uno de los conceptos dignos de analizar es el de justicia ambiental.

Como concepto, la expresión justicia ambiental ha ido evolucionando también de forma progresiva. Si inicialmente la definición que el Diccionario de Geografía Humana (Johnston et al., 2000) ofrece como “movimiento sociopolítico que busca articular las cuestiones ambientales desde la perspectiva de la justicia social” podía ser aceptable, con el tiempo se ha evidenciado limitada (Gleeson y Low, 2003), pues enfatizaba básicamente la faceta del activismo que vehiculó las reclamaciones.

Para Sarokin y Schulkin (1994) la expresión posee ante todo una naturaleza conceptual, haciendo gravitar su significado en torno al hecho de que ciertas poblaciones 1) están sometidas a mayor riesgo de contaminación ambiental que otras, 2) sufren más perjuicios ambientales, y 3) están excluidas del acceso a los procesos de formulación y toma de decisiones.

Towers (2000) prolonga esos argumentos, afirmando además que la justicia ambiental se aplica a escala de la humanidad y apela tanto a la justicia distributiva, como a la procedimental. La primera (también referida como equidad en los logros o resultados, “output equity”) implicaría que los usos del suelo nocivos estuviesen distribuidos imparcialmente entre comunidades y que toda la gente tuviese derecho a igual protección por las leyes y regulaciones ambientales y de salud pública.

Además de definiciones doctrinarias resulta fundamental mirar la Constitución Política de la República, A este respecto, nuestra Constitución consagra la “Igualdad ante la ley” (Artículo 19 N^º de la C.P.R), y existe todo un cuerpo de normas y de desarrollo doctrinario, desde un punto de vista internacional, sobre la necesidad, que cualquier sistema ambiental aceptable, debe basarse en la justicia ambiental. Esta, a su vez, se apoya en tres principios o pilares centrales que deben guiar la acción de los órganos públicos: a) acceso a la información ambiental; b) la participación de la población y las

comunidades en las decisiones públicas; y, especialmente, c) el trato justo o equitativo que se debe dar a las personas. Esto marca el referente obligado de toda acción estatal en las decisiones que adoptan en el ámbito ambiental y da legitimidad a las mismas.

Actualmente resulta esencial abordar adecuadamente la participación ciudadana en nuestro país en materia energética, así como garantizar la sustentabilidad social y ambiental de estos proyectos.

Hay que tener presente que existe un orden de principios y valores que están consagrada en la Carta Magna chilena y que su naturaleza normativa es indiscutible, tanto para los órganos del Estado como para los particulares (artículo 6 C.P.R.). Siendo así, es muy importante verificar el respeto de los órganos legislativos, y especialmente de los administrativos, de los patrones, principios y valores que ordena respetar nuestra Constitución.

Corresponde prestar fuerte atención a actos de discriminación ambiental, los que se pueden encontrar en Chile, principalmente en base a antecedentes territoriales o socioeconómicos. Esto, desde un punto de vista doctrinario, se entiende como actos de vulneración a la justicia ambiental. Es decir a la justa distribución de las cargas ambientales entre los distintos sectores de la población, cuestión que es clave tener presente en cualquier política energética.

Dificultad para gestionar el involucramiento de las comunidades afectadas por proyectos energéticos

En la actualidad existen importantes dificultades en los procesos de sensibilizar e involucrar a la sociedad civil, tanto locales, como a nivel país en el desarrollo de proyectos energéticos (Silva et al, 2015). Esto se puede apreciar en diversos proyectos energéticos que han obtenido Resolución de Calificación Ambiental (RCA) a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), pero igualmente fueron frenados por las comunidades, tales como las centrales a carbón Barrancones y Castilla, o en el ámbito de las ERNC Parque Eólico Chiloé o las exploraciones geotérmicas de los geiseres del Tatio (Proaño, 2015).

Existe un trabajo del Ministerio de Energía con miras a enfrentar este tema mediante la preparación del “Proyecto de ley de asociatividad” (Ministerio de Energía, 2015). Al respecto se ha podido determinar que existe evidencia empírica que “la expectativa del sector privado y el requerimiento de la sociedad civil, es que el Estado desarrolle instrumentos en donde juegue un rol de garante tanto en la relación entre las partes, la estabilidad de las regulaciones, como respecto de los acuerdos que estos logren alcanzar” (Romero et al, 2015). En este mismo ámbito, es precisamente la institucionalidad de regulación de energía a quien debiera corresponder el rol de certificar la adecuada implementación de procedimientos de acercamiento entre las

comunidades y los titulares de proyecto, tendientes a alcanza acuerdos lo más temprano posible, en el ciclo de vida de los proyectos de generación d energía, a través de un diálogo abierto para potenciar la confianza mutua.

Líneas de transmisión

Desde un punto de vista técnico uno de los desafíos que persiste para la expansión de las ERNC, y en general para todo el sistema eléctrico nacional, es la existencia de crecientes costos de carácter prohibitivo a la hora de ampliar la capacidad de transmisión (Bas et al, 2015). En este contexto, en términos relativos los costos y problemas de transmisión pueden llegar a ser mucho más importantes para las ERNC que las tecnologías convencionales, ya que usualmente las primeras se encuentran a distancias considerables de los centros de consumo. En este contexto, para las ERNC se hace mucho más gravosa esta normativa, ya que al competir con proyectos como son las centrales a carbón, que pueden procurar una localización óptima desde el punto de vista de la transmisión sufren un mayor perjuicio. En este sentido urge, al menos, un tratamiento regulatorio que permita el desarrollo de líneas de transmisión para proyectos de ERNC diferenciado del tratamiento que se le otorga a fuentes convencionales, o el abordar mecanismos para todo tipo de fuentes de generación.

No-discriminación entre energía convencional y renovable por parte de los consumidores

Los consumidores deben contar con transparencia de información al momento de consumir electricidad, pudiendo conocer los alcances, los impactos ambientales o la forma cómo se ha generado la energía que consumen (Ortiz, 2015). Pese a que algunos consumidores tienen elementos de juicio parciales para diferenciar entre energías convencionales y ERNC, estos no pueden discriminar en términos a qué energía utilizar (Silva et al, 2015). Es de interés público entonces permitir dicha diferenciación para que los propios consumidores, que deseen adquirir energía con ciertos atributos, puedan expresar su demanda (mediante su disposición a pagar) en el mercado, lo cual a su vez incidiría en los incentivos para los desarrolladores de cada tipo de energía.

4.1.5. Planes, políticas y programas de fomento a las ERNC

Para un desarrollo sustentable del sector energético, se requiere un marco institucional que conste de, al menos, una separación de las políticas de uso eficiente de la energía de aquellas relativas a las energías renovables, la integración de los instrumentos normativos y de fomento de las energías renovables (Castillo et al, 2015) y el uso eficiente de la energía con la política energética nacional, el establecimiento de horizontes de largo plazo para la materialización de los resultados (Ministerio de Energía, 2015), la incorporación efectiva de los acuerdos internacionales sobre el cambio climático y las fuentes renovables en la política energética y ambiental (Leyton et al, 2015).

Una política de promoción de las ERNC debe explotar al máximo las oportunidades que brindan los mecanismos de fomento y planificación, lo que supone como se señalara una participación activa y un liderazgo por parte del Estado en apoyo a las empresas que dispongan de proyectos elegibles para ser financiados por dichos instrumentos.

La experiencia internacional indica que el Estado debe jugar un rol imprescindible en el planeamiento energético de largo plazo y, además, realizar una evaluación sistemática de los recursos renovables, básicamente de la geotermia, la biomasa y las energías eólica y solar (BECK, F. y MARTINOT, E. 2004). A continuación analizamos los principales instrumentos de planificación energética chilenos de los últimos cuatro años.

4.1.5.1 Planes, políticas y programas de gobierno

La “Estrategia Nacional de Energía 2012-2030” y el fomento de la electricidad ERNC

En el documento oficial “Estrategia Nacional de Energía 2012-2030”, publicado por el Ministerio de Energía en febrero de 2012, el Gobierno señala que su propósito se corresponde con el requerimiento de contar con una visión de largo plazo que oriente el desarrollo del sector eléctrico nacional hacia una matriz segura, limpia y económica. Para tales efectos la Estrategia está basada en seis pilares fundamentales, uno de los cuales corresponde a “ratificar la necesidad de incorporar crecientemente las energías renovables no convencionales en la matriz eléctrica chilena”.

Al igual que este estudio, la Estrategia indica que la masificación de la electricidad ERNC en Chile enfrenta diversas barreras. Más específicamente, destaca el alto costo de la inversión inicial, las limitadas posibilidades de financiamiento, las dificultades en el acceso y conexión a líneas de transmisión y los obstáculos en la obtención de contratos de largo plazo. Para hacer frente a estas barreras, el documento propone diversas medidas, las que se resumen a continuación:

- perfeccionar la legislación actual para crear un mecanismo de licitaciones abiertas por bloques de ERNC que mejoren las condiciones de venta de los generadores por medio de subsidios estatales;
- implementar una herramienta de información pública actualizada, dinámica y geo-referenciada para evaluar la viabilidad de proyectos ERNC;
- fomentar y financiar proyectos ERNC por medio de incentivos económicos;
- crear una nueva institucionalidad pública para promover y facilitar el crecimiento de las ERNC;
- desarrollar una nueva base normativa para incentivar la inversión de proyectos de geotermia; e implementar un nuevo plan de subsidios e incentivos para proyectos pilotos de ERNC que diferencia entre tecnologías.

Paralelamente, en la sección destinada al rol de las energías convencionales, la Estrategia deja entrever su interés por analizar la posibilidad de incorporar instrumentos tributarios destinados a desincentivar las externalidades negativas y a promover las positivas de los proyectos de generación eléctrica. Por otra parte, en la sección dedicada mejorar la competitividad del mercado eléctrico, la Estrategia propone implementar regulaciones que consoliden el Net Metering, estimulando así la instalación de tecnologías ERNC por parte de los usuarios finales de electricidad en sus casas o empresas. Actualmente se encuentra aprobado el Reglamento respectivo, y plenamente operativo.

La Agenda de Energía, el plan de acción y la carta de navegación

La Agenda de Energía se planteó por el Ministerio como una de las 50 medidas para los 100 primeros días de Gobierno, la elaboración de una agenda que sirviera como hoja de ruta para construir y ejecutar una Política Energética de largo plazo que tenga validación social, política y técnica.

Dicho documento se entiende como un plan de acción y una carta de navegación para caminar juntos en las decisiones que nos permitan destrabar el sector energético y disminuir el déficit de infraestructura que se ha producido en los últimos años.

Esta estrategia propone que disponer de energía es una condición necesaria para el crecimiento, desarrollo económico y también para avanzar hacia una mayor inclusión social, por lo que da un fuerte énfasis en el incorporar mecanismos de participación ciudadana. A la vez, entiende que el problema de escasez de energía en Chile, y los altos costos de esta, tienen múltiples causas y lleva años de gestación.

Uno de los problemas que se analiza es la “judicialización” de proyectos energéticos, que tiene como fondo de discusión la compatibilidad en el uso del territorio entre las distintas actividades humanas, las prioridades locales y el desarrollo eléctrico. A su vez, plantea que abordar esta problemática requiere de un rol más activo del Estado en la planificación estratégica de largo plazo del sector, conciliando objetivos económicos, ambientales y sociales, en pro del bien común de todos los chilenos y chilenas.

El objetivo de este documento es, por tanto, apuntar a un desarrollo energético confiable, sustentable, inclusivo y de precios razonables. Este Gobierno, a través del Ministerio de Energía, impulsará políticas y acciones para lograr avances sustanciales en los próximos diez años en los diversos ámbitos de esta transición energética.

Proceso Participativo de Política Energética: Energía 2050

Energía 2050 es un proceso participativo de construcción de una política energética de Estado, el que a lo largo de sus 18 meses de duración, contempla diversas instancias de discusión y participación incluyendo un Comité Consultivo de carácter estratégico compuesto por actores clave del sector; una serie de grupos de trabajo temáticos de carácter técnico; talleres regionales y, siguiendo las recomendaciones de la OECD, una

plataforma virtual para convocar a una participación ciudadana amplia. Este proceso toma el anhelo de la sociedad chilena, y las recomendaciones de expertos de establecer, por parte del Estado un rol de planificación y conducción que considere a todas las partes interesadas en la definición de una estrategia sólida y consistente, que vaya orientando el mercado.

Mediante este documento del Ministerio de Energía se hace cargo de discutir aquellos aspectos estratégicos y tecnológicos que definan la matriz energética que el país impulsará hacia el año 2050.

La Política Energética propone una visión del sector energético al 2050 que corresponde a un escenario confiable, sostenible, inclusivo y competitivo. Esta visión, obedece a un enfoque sistémico, según el cual el objetivo principal es lograr y mantener la confiabilidad de todo el sistema energético, al mismo tiempo que se cumple con criterios de sostenibilidad e inclusión y, se contribuye a la competitividad de la economía del país.

Para alcanzar esta visión al 2050, esta Política Energética se basa en en cuatro pilares: Seguridad y Calidad de Suministro, Energía como Motor de Desarrollo, Compatibilidad con el Medio Ambiente y Eficiencia y Educación Energética. Sobre estas bases, deben desarrollarse las diversas medidas y planes de acción planteados hasta el año 2050.

La generación de energía es, además, un factor estratégico para alcanzar metas en otros ámbitos, tales como como seguridad, competitividad, condicionantes ambientales y sociales del país, donde las soluciones técnicas y de mercado no necesariamente llevan a preservar el bien común. Es un motor esencial del desarrollo económico y social, por lo que es clave el asegurar el suministro a futuro. Pero, si bien, y en este sentido, la energía es un medio para otros fines, también su generación constituye en sí una oportunidad para promover cambios positivos en la calidad de vida de las personas.

4.1.5.2 Instrumentos de fomento a la inversión

Durante los últimos años, el Estado ha puesto en marcha diversas iniciativas de fomento a la inversión privada en ERNC. Así, desde 2005 la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), en conjunto con la CNE, ha implementado un Programa de Atracción y Promoción de Inversiones en ERNC, el que consistió básicamente en subsidios que financian hasta el 50% de los estudios requeridos para la evaluación de factibilidad de proyectos ERNC. Hasta 2008, este programa había apoyado a aproximadamente 130 proyectos, incluyendo eólicos, de biomasa, biogás, geotérmicos y de pequeñas centrales hidroeléctricas. Mientras algunos de éstos se han materializado, el resto se encuentran en etapas preliminares (CNE, 2008).

Este apoyo fue complementado en 2008 por CORFO con dos nuevos instrumentos. El primero consiste en un subsidio para etapas avanzadas de la preinversión, financiando parte del costo de estudios de ingeniería básica y de detalle, estudios de conexión

eléctrica y EIA²⁴ o DIA²⁵, entre otros. El cofinanciamiento cubre hasta un 50% del costo total de los estudios, con un límite de hasta el 5% de la inversión estimada, sin sobrepasar los US\$ 160.000 por proyecto evaluado. Además, el proponente debe presentar evidencia para garantizar propiedad del recurso energético (Iglesias, 2008).

El segundo instrumento introducido en 2008 por CORFO es una nueva línea de crédito para ERNC denominado Crédito CORFO Energía Renovable No Convencional (CCERN). Es un crédito de largo plazo o leasing bancario que financia inversiones de empresas privadas que desarrollen sus actividades productivas en el país para la implementación de proyectos de generación y transmisión de ERNC y de proyectos de ERNC para usos distintos de generación y distribución eléctrica. Pueden postular empresas productoras de bienes y servicios con ventas anuales de hasta el equivalente a US\$ 40 millones, excluido el IVA. El monto máximo del crédito es de US\$ 15 millones, a tasa de interés fija, con plazos de pago de hasta 12 años y períodos de gracia de hasta 36 meses. La empresa puede solicitar hasta el 30% del total del financiamiento para costear capital de trabajo (CORFO, 2009).

Desde un punto de vista institucional, CORFO, a través del Centro de Innovación y Fomento a las Energías Sustentables (CIFES) ha llevado adelante diversas iniciativas. Las que se centran principalmente en: el diseño y operación de programas que vayan en apoyo de la materialización de proyectos ERNC competitivos, mediante acciones que propendan a la disminución de costos en las diferentes tecnologías ERNC, mediante la innovación y el fomento (CIFES, 2015). El modelo adoptado para este Centro, posibilita que este pueda servir de plataforma para capturar el conocimiento generado respecto de la materia en el mundo, para luego analizar su viabilidad de aplicación en el país y promover su uso en el ámbito privado. El CER desarrolla, principalmente, como Centro de información, realiza una labor de acompañamiento de proyectos de inversión y de pilotos de ERNC y de Promoción y difusión de ERNC (Proaño, 2015).

Dentro del trabajo institucional para el sector y las líneas de trabajo en fomento del año 2015 están, el incluir tecnologías ERNC en sectores industriales limpios mediante Acuerdos de Producción Limpia /APL), contribuir al cambio en eficiencia energética de industrias apoyadas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética(ACHEE), utilizar las ERNC para solucionar problemáticas regionales (competitividad, contaminación, falta suministro energético, déficit hídrico etc.), identificar y apoyar mecanismos de fomento al desarrollo de las ERNC en la matriz eléctrica, mejorar el despacho y el almacenamiento de energía de fuente ERNC y articular su implementación en coordinación con otros organismos públicos.

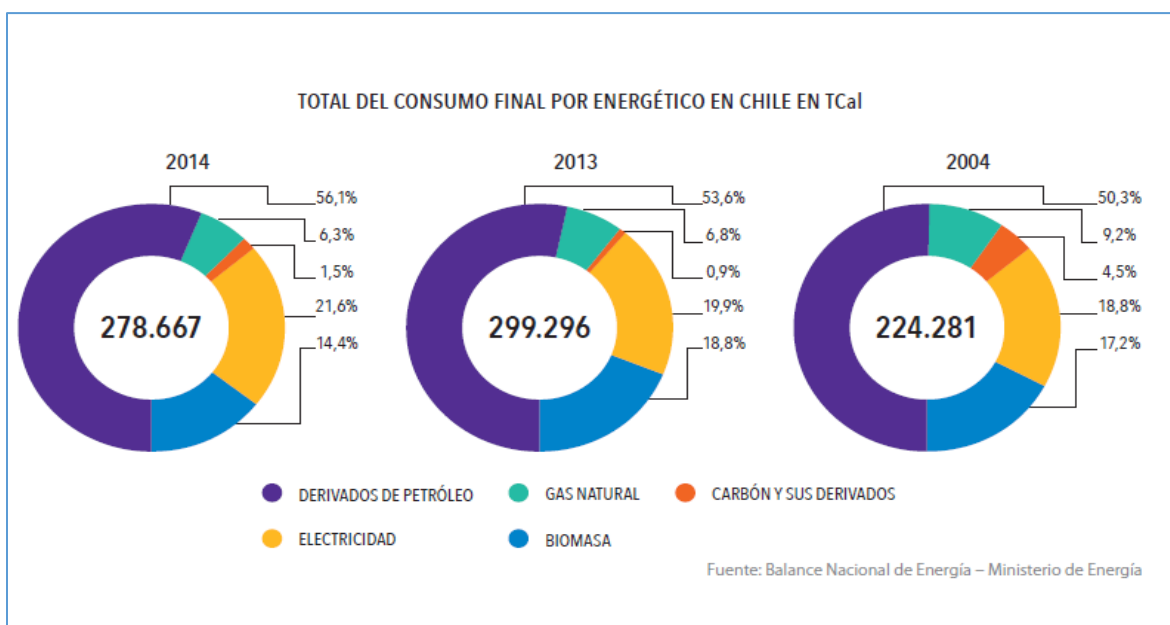
²⁴ Un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se puede definir como: el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir y minimizar sus efectos significativamente adversos. (Fuente: Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente)

²⁵ Una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) es el documento descriptivo de una actividad o proyecto que se pretende realizar, o de las modificaciones que se le introducirán, otorgado bajo juramento por el respectivo titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes. (Fuente: Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente)

4.2. Participación de la electricidad basada en fuentes de ERNC en Chile ²⁶

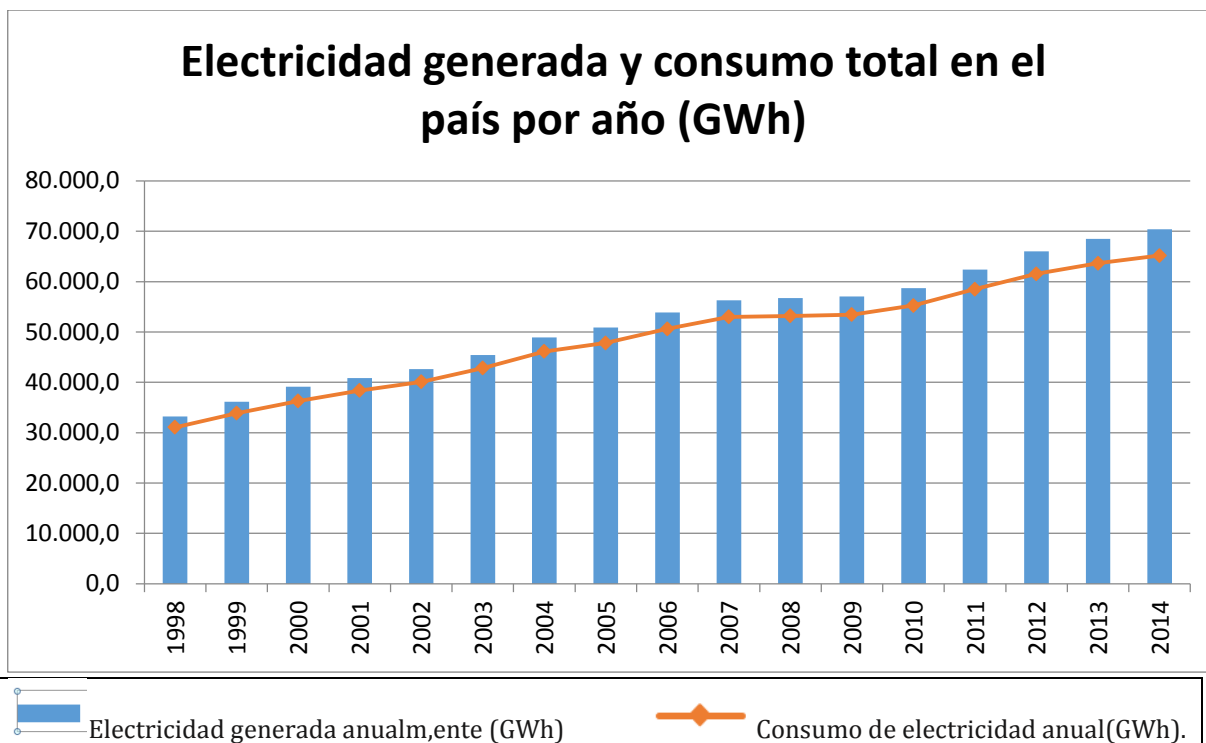
Durante las últimas décadas el consumo eléctrico nacional ha experimentado un importante crecimiento, aumentando 4,7 veces entre 1980 y 2008, y experimentando un crecimiento continuo hasta el año 2015. En Chile, la participación de la electricidad de distintas fuentes y la ERNC en la matriz de consumo energético final ha crecido, pero aún continúa por debajo del petróleo, de la leña, la biomasa y del carbón. La participación de la electricidad en el consumo final de energía en Chile evidenció un aumento total de 4,29% para el periodo 2009-2013. En términos totales, los tres energéticos que tuvieron mayor participación en el consumo final fueron: derivados del petróleo (53%), electricidad (20%), leña y biomasa (19%).

Figura 1.11. Total del consumo final por energético en Chile en Tcal, del año 2004, 2013 y 2014:



Fuente: Balance Nacional de Energía. Ministerio de Energía de Chile.

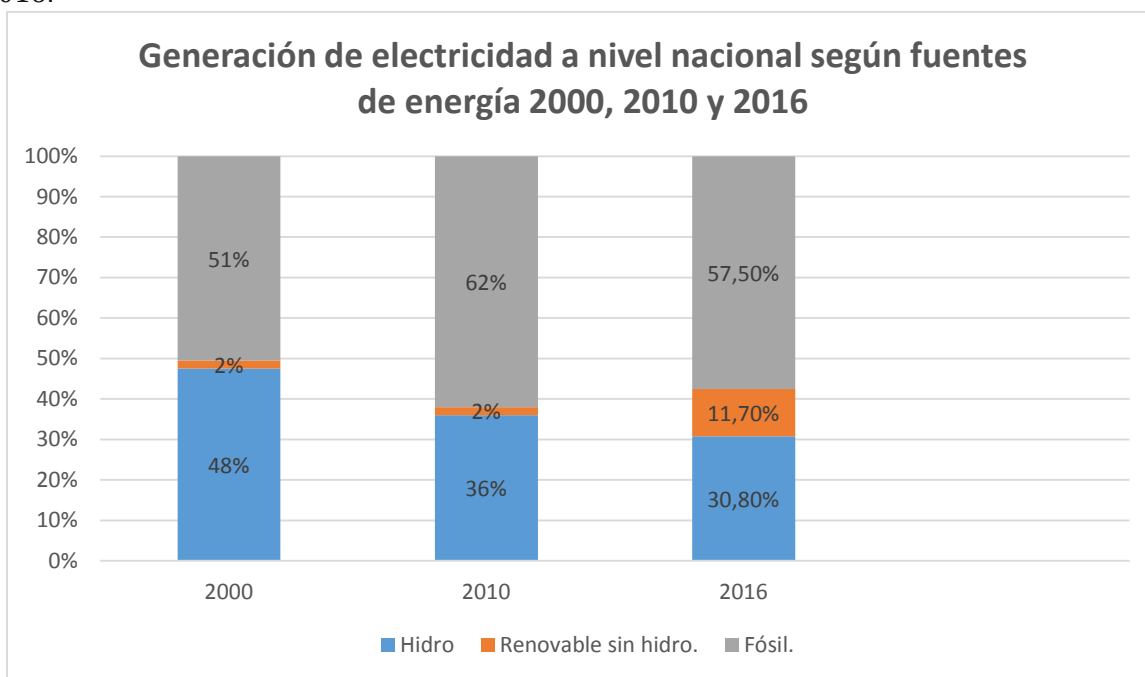
²⁶ Esta sección está basada en Claro (2011).

Figura 1.12. Generación bruta y consumo de Electricidad del año 1998 al 2014:

Fuente: Elaboración propia en base a CNE 2016.

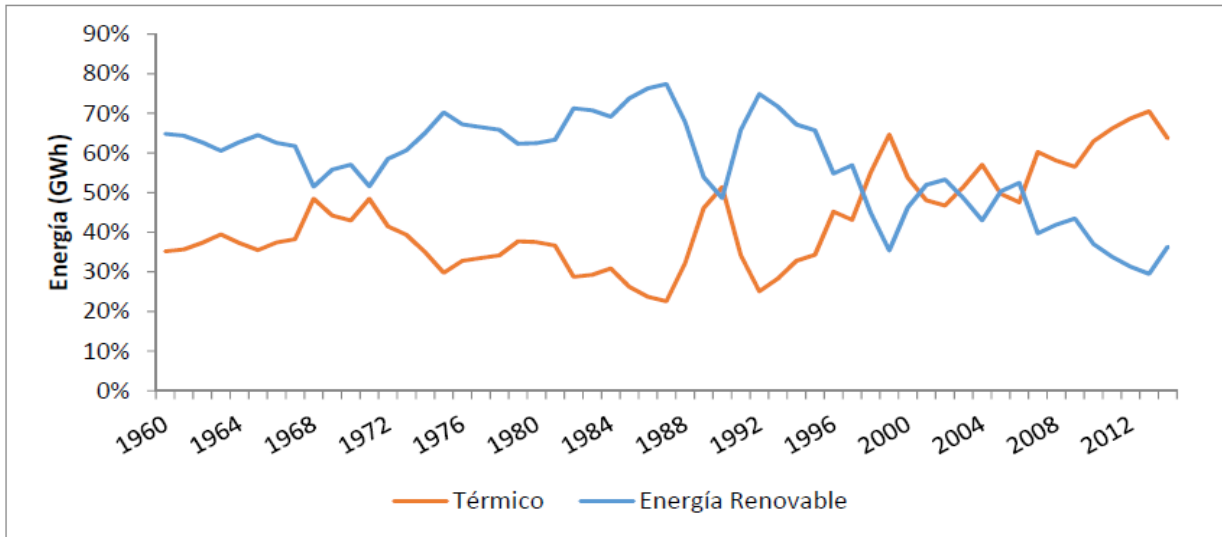
En línea con el carácter liberalizado del sector, la creciente demanda durante las últimas décadas ha sido satisfecha por un crecimiento rápido de la capacidad instalada, la que fue financiada y construida por el sector privado (IEA, 2009). Esta aproximadamente se quintuplicó entre 1980 y 2009, pasando de 3.209 MW a 15.523 MW, principalmente en base al uso de combustibles fósiles. En el año 2016 la capacidad instalada en el mes de enero en el SIC llegó a los 16.011 MW y la del SING a 4.019. Si sumamos la capacidad instalada del Sistema interconectado de Aysen y Magallanes, el total de la capacidad instalada en Chile en enero del 2016 llega a 20.195 MW. En efecto, mientras en el año 2000 el 51% de la generación provino de la hidroelectricidad a gran escala, el 48% de fuentes fósiles y el 2% de ERNC, en 2010 estas cifras llegaron a un 62% de generación en base a energía fósil, un 36% en base a hidro a gran escala y un 2% en base a ERNC y. Por otra parte en el año 2016 las cifras de generación de energía son muy positivas para las ERNC, en este sentido el 57,50% de la capacidad instalada se basa en energías fósiles, un 30,80% en hidroelectricidad a gran escala, y un 11,70% en base a ERNC (ver Figura 1.11).

Figura 1.13. Generación de electricidad a nivel nacional según fuentes de energía 2000, 2010 y 2016:



Fuente: elaboración propia en base a <http://www.eia.gov> y <http://www.cne.cl/>.

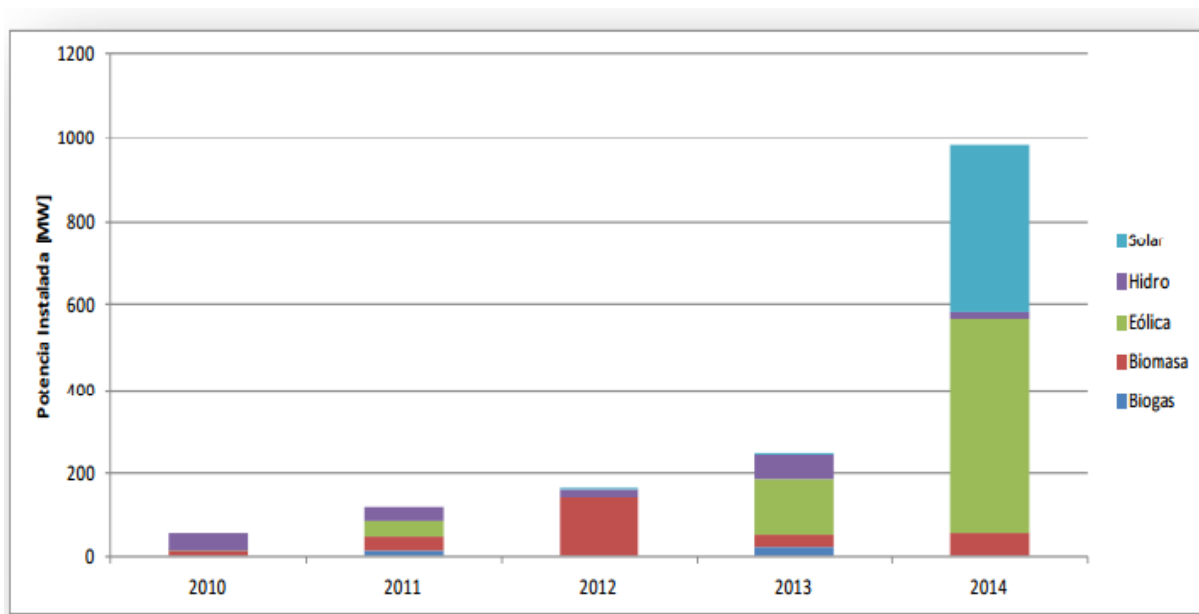
La penetración de los combustibles fósiles en la matriz eléctrica profundizó a partir de 1997, fruto de la importación de gas desde Argentina, energético que en 2004 llegó a representar el 36% de la generación nacional. Luego, debido a que Argentina restringió las exportaciones de gas y el país sufrió sequías en 2007 y 2008, aumentó el uso de petróleo significativamente para sustituir estas deficiencias (IEA, 2009). Con posterioridad al año 2010 comenzó un crecimiento sostenido de las fuentes ERNC, producto de los avances tecnológicos, y de los planes y políticas del gobierno, que llegó a generar una participación de un 11,70% de capacidad instalada de fuentes ERNC a enero del año 2016. Sin embargo, vale la pena destacar que la matriz energética chilena históricamente ha tenido un fuerte componente de fuentes de energía renovable, con una fuerte presencia de la energía hidroeléctrica (ver figura 1.14).

Figura 1.14 Generación eléctrica histórica Chile - año 1960 a 2012:

Fuente: CNE, Banco Central, Ministerio de Energía, 2015.

En cuanto a la evolución de las fuentes de generación a partir del año 2008 comienza un declive de las fuentes de generación renovable (ERNC e hidroelectricidad a gran escala) y un aumento de las fuentes térmicas en la generación eléctrica nacional. Posterior a este hecho comienza un repunte en el año 2012 de las fuentes de ERNC, luego, el año 2014 se ha denominado como el gran año de despegue de las ERNC, en que la instalación de proyectos de otras fuentes de ERNC tienen un explosivo crecimiento, marcado por el fuerte aumento de fuentes de generación solar. Este crecimiento se explica por los altos precios del petróleo, la reducción de costos a nivel mundial de las tecnologías de ERNC, y una política de fomento y planificación desde el Ministerio de Energía, así como a través de los distintos planes, programas e iniciativas legislativas que describimos en esta publicación.

Concentrándonos en la situación de la electricidad basada en fuentes de ERNC (incluyendo las hidro con una potencia máxima menor a 20 MW) en Chile, su participación en la generación total aumentó entre 2010 a 2011 desde 720 MW a 2097 MW a fines del 2014 y a marzo del 2016 esta cifra ha seguido aumentando, llegando a 2.496 MW de capacidad instalada, equivalente a un 11,94% del total. A pesar de que la generación de electricidad ERNC ha estado ampliamente dominada por los residuos (biomasa) y la hidroelectricidad, la participación de la energía eólica ha mostrado un aumento constante. Además destaca el fuerte aumento de la participación de la energía solar a partir del año 2014. (ver Figura 3.4).

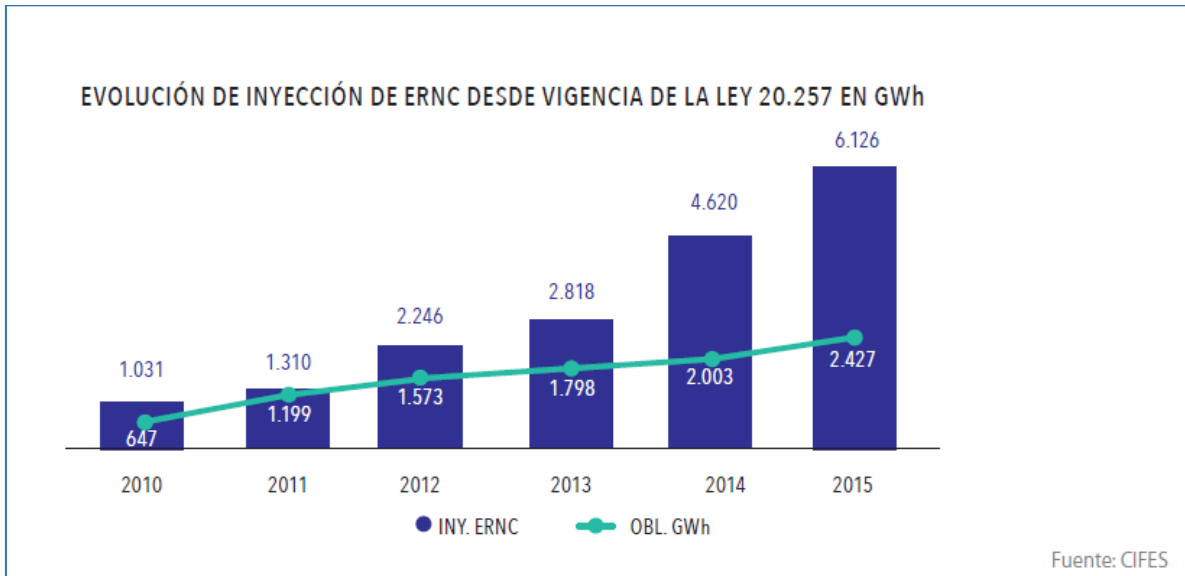
Figura 1.15 Capacidad agregada de fuentes ERNC en Chile del año 2010 a 2014:

Fuente: CIFES, 2015.

Durante el periodo 2007 y 2010 la generación de electricidad basada en fuentes de ERNC nacional creció 58% (cifra bastante superior al 4% experimentado por la generación total), este crecimiento presenta una tendencia creciente. Posterior a esto comienza un crecimiento sostenido de estas en el año 2015fuentes.

A fines de 2013 y en vista de las cifras que mostraba el portafolio de proyectos, fue posible augurar una importante irrupción en la capacidad instalada ERNC para el año 2014. Las proyecciones no estuvieron lejos: la inyección acumulada de electricidad de fuentes ERNC estuvo todo el año 2015 por sobre el 10% y la energía reconocida por la Ley vigente casi triplicó los montos exigidos. La energía solar saltó brillantemente de poco más de 6 MW en 2013 a más de 400 MW y la eólica marcó su liderazgo.

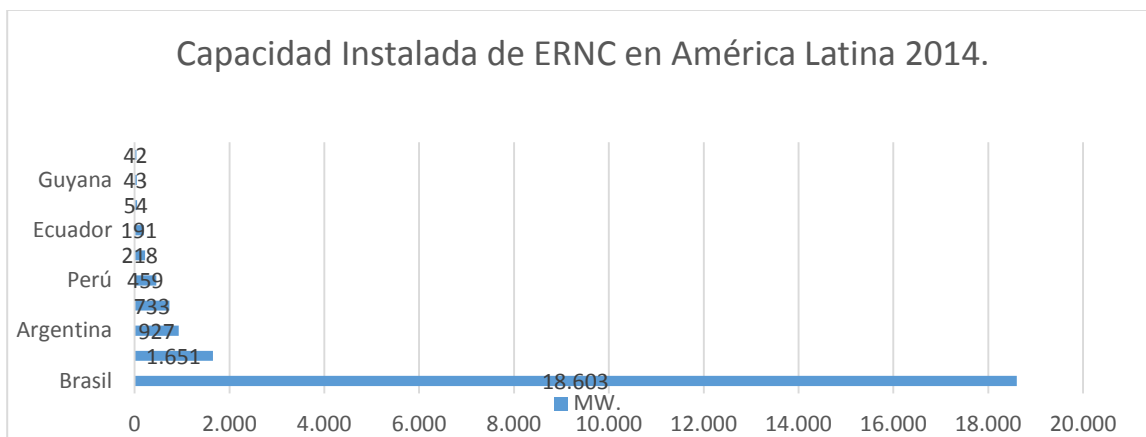
Figura 1.16 Evolución de inyección de ERNC desde vigencia de la ley 20.257 en GWh, años 2010 a 2015.



Fuente: CIFES, 2016.

Si hacemos un balance del año 2015, la capacidad instalada de ERNC en Chile asciende a 2.284 MW, siendo las centrales eólicas las que cuentan con la mayor potencia instalada, con 904 MW. Luego aparecen los centrales fotovoltaicas con 848 MW instalados. En tercer lugar, se encuentra la biomasa la cual cuenta con 417 MW instalados. Por último, se encuentran las mini centrales hidroeléctricas, con 417 MW y, por último, se encuentran el biogás, con 46 MW de potencia instalada. A futuro las perspectivas siguen siendo muy auspiciosas. A nivel internacional Chile se ubica en un nivel avanzado en la generación de electricidad basada en fuentes de ERNC, debido a sus condiciones excepcionales para el desarrollo de este tipo de energías. Las cifras recién expuestas, hasta el año 2014, ubican a Chile como el segundo país con mayor producción de ERNC a nivel de América del Sur.

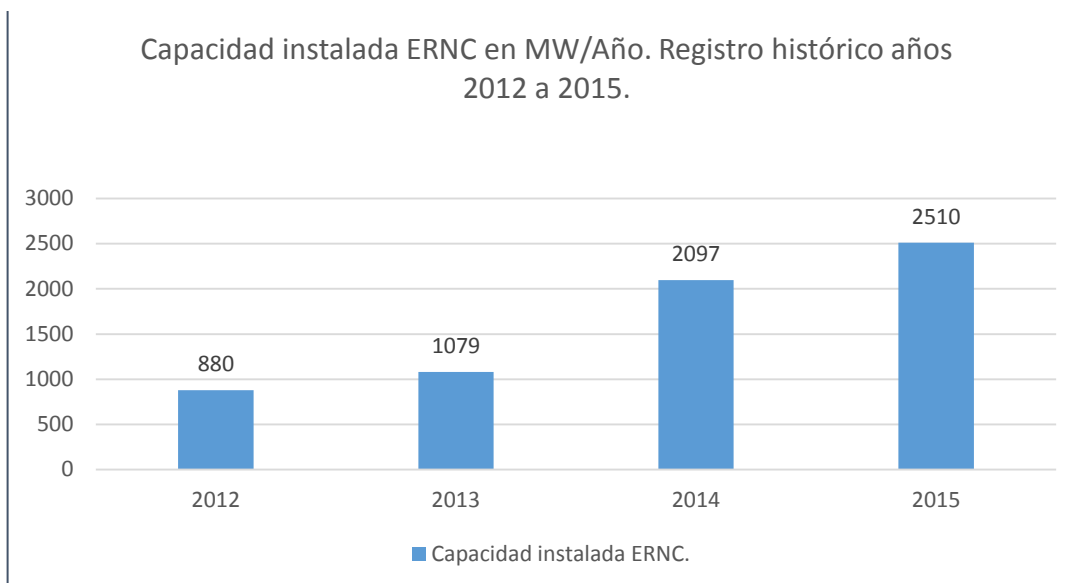
Figura 1.17 Capacidad instalada ERNC en América Latina 2014.



Fuente: IRENA 2015.

En el caso de Chile, las cifras de los últimos años para las ERNC son alentadoras. En efecto, si bien en Chile la participación de la generación de electricidad basada en fuentes de ERNC aumentó entre 2007 y 2010 desde el 2,2% al 3,4%, el aumento más significativo se ha producido en los últimos años. Así en el año 2012 la participación de las ERNC a nivel nacional alcanzaba el 4,83% equivalente a 880 MW, a fines del 2013 el 6,09% equivalente a 1079 MW, a fines del 2014 el 10,04% equivalente a 2097 MW, y a fines del 2015, el 11,43% equivalente a 2510 MW (CIFES, 2015).

Figura.1.18. Capacidad Instalada ERNC en MW/Año. Registro histórico años 2012 a 2015.



Fuente, elaboración propia, en base a CIFES, 2015.

Sin perjuicio de los importantes avances que se han desarrollado en la materia, se han realizado múltiples estudios que destacan las diversas barreras de entrada que dificultan el desarrollo de la electricidad basada en fuentes de ERNC en Chile.²⁷ A continuación se destacan las principales barreras identificadas por estos estudios en función de si son primordialmente de tipo empuje tecnológico o de tipo arrastre de mercado (ver sección 2.4).

4.3. Barreras a la electricidad basada en fuentes de ERNC en Chile

4.3.1. Barreras de tipo empuje tecnológico

- Falta de experiencia y madurez tecnológica

En Chile, la adaptación, aplicación y soporte de la tecnología presenta severas debilidades que frenan y encarecen el desarrollo de estas fuentes: falta de recursos humanos especializados; débil infraestructura tecnológica; escasa capacidad de manufactura y servicios asociados; falta de capacidad industrial local (clúster de energía); y, sobre todo, falta de capacitación de personal adecuada. A esto se suma la falta de garantías necesarias para invertir recursos durante la etapa de innovación y invención de tecnologías (Kellet, 2003). Resulta especialmente importante el considerar que la innovación necesita un fuerte apoyo financiero para poder cumplir con sus promesas. De hecho, las invenciones no se convierten en innovaciones hasta que se despliegan a escalas suficientes para tener un impacto. En este sentido, hay muchas barreras no técnicas que pueden impedir que una buena innovación tecnológica que en teoría sea muy rentable una vez implementada en el lugar de generación funcione de forma distinta a la prevista (AIE, 2015b).

- Falta de conocimiento y capital humano capacitado

A nivel de la política energética sólo la falta de prestadores de bienes y servicios locales complementarios es lo que se ha revelado como barrera al desarrollo de este mercado. Sin embargo, la necesidad de formación de capacidades para capturar la totalidad de los beneficios asociados a las energías limpias es un tema mucho más amplio y que involucra distintos niveles, incluyendo capital humano de alto nivel, capaz de participar en redes de investigación internacionales con centros de excelencia; profesionales capaces de innovar y adaptar tecnologías a la realidad local; profesionales y técnicos capaces de instalar, operar y mantener la tecnología; profesionales capaces de desarrollar los sistemas de medición y certificación adecuados a lo largo de toda la cadena de valor. Adicionalmente, se requiere abordar la formación de capacidades en el sector financiero, lo cual resulta crucial para lograr una correcta evaluación financiera y asignar el riesgo adecuado a los proyectos. Esta barrera si bien es existente ha podido ser remediada contratando personal especializado de otras nacionalidades, quienes participan en la fase de construcción u operación del proyecto. Debido a esto, en una reciente investigación a inversionistas y desarrolladores de proyectos de ERNC aparece en el último lugar de las barreras identificadas para el desarrollo de proyectos de ERNC en Chile (Nasirov et al, 2015).

²⁷ Dufey (2010), Galaz (2007), García y Delgado (2011), Maldonado et. al. (2008) y Robles (2009).

– Barreras económicas y financieras

La inversión inicial en ERNC es alta si se compara con otras tecnologías. Ello, sumado a las dudas sobre el retorno de la inversión que está sujeto a la variación del precio de la energía tradicional da motivo para no realizar inversiones en este campo. Desde una perspectiva financiera, los proyectos de ERNC tienen períodos de recuperación más largos y mayores costes de inversión [De Jager, 2011]

Uno de los principales obstáculos para la obtención de la financiación local se asocia con lo particular características de los bancos chilenos, entre ellos su cultura conservadora y un reglamento que se centran en la solvencia de la banca, tras la crisis económica de 1982, la falta de experiencia en la evaluación de proyectos de energías renovables, y la utilización del sistema de financiación "Project Finance". (OLADE et al., 2015)

– Acceso al financiamiento

El problema de acceso al financiamiento es especialmente agudo en proyectos vinculados a pequeños actores, ya que faltan las garantías necesarias para levantar recursos. Un proyecto ERNC, aun siendo pequeño en tamaño tiene requerimientos financieros altos, al menos para las capacidades de muchos de los nuevos actores en el mercado. La poca experiencia del sector financiero en este nicho de negocio ha resultado en dificultades para que los desarrolladores accedan al financiamiento. En general, la banca sólo financia contra garantías reales fuera del proyecto, muy por encima de los montos solicitados. Debería crearse una figura que permitiese el financiamiento sobre la base de dar en garantía el flujo eléctrico futuro del respectivo proyecto.

– Falta de madurez de mercado financiero

Estas tecnologías no sólo normalmente tienen mayores costes de inversión sino que también son, en algunos casos, que se considera inversiones de mayor riesgo debido a que esta tecnología genera, para los inversores, una mayor incertidumbres en comparación con los de la generación de energía convencional (Mitchell et al. 2012). Asociada con la barrera anterior, ésta refleja que los mercados financieros nacionales no están adecuados a la realidad de las ERNC. El concepto de Project Finance no constituye una opción en que el proyecto se financie contra los flujos futuros esperados y contra los activos del mismo proyecto. Finalmente, prevalece el financiamiento vinculado a las capacidades financieras del cliente. En el caso de los nuevos actores esta situación añade barreras adicionales como la falta de historia financiera del desarrollador y su falta de patrimonio para respaldar una operación compleja y de alta inversión. Con todo, es posible que se desarrolle un sistema de financiamiento vía Project Finance para lo cual se requieren conocimientos financieros, de ingeniería, buenas relaciones con los bancos y una mayor madurez del mercado.

– Ausencia de incentivos atractivos

El sistema regulatorio actual no dispone de incentivos adecuados para estimular la inversión en ERNC, las que al ser energías nuevas, tienen un coste de inversión mayor, particularmente al comienzo de su aplicación. Diversos expertos han señalado que aunque la Ley 20.257 supone un avance para el país en materia de ERNC, es necesaria

una política de subvención similar a la de la Unión Europea. En una reciente modificación de la Ley N° 20.257 del gobierno aumentó la promoción de la generación de electricidad por las energías renovables en la matriz energética mediante la duplicación de su objetivo de energía renovable de la meta anterior de 10 % para el 2024 a 20% en 2025. Este nuevo objetivo obviamente proporciona un incentivo aún mayor para el desarrollo de la industria de la energía renovable. Por otra parte, los recientes compromisos adquiridos por el país en la COP 21 debiesen apuntar a aumentar los esfuerzos del gobierno por descarbonizar el sector eléctrico, lo que inmediatamente guarda relación con un fortalecimiento e incentivo de las ERNC en el país (COP 21, 2015).

Otra norma ampliamente cuestionada es la Ley 20.571, la que regula el pago de las tarifas de las generadoras residenciales y establece descuentos y reembolso en la facturación, si proceden. Esta norma si bien establece incentivos interesantes ha sido ampliamente criticada, pues el pago que considera para los usuarios residenciales que inyecten energía al sistema de distribución eléctrico es tan sólo del precio nudo, siendo el equivalente a un 50% de lo que pagan los clientes por la electricidad. Un avance significativo consistiría en que el distribuidor cancelará la energía al mismo precio que la empresa distribuidora le cobra a dicho generador residencial por consumir electricidad,

– Falta de una adecuada política para la investigación, desarrollo e innovación

El impulso a la investigación, desarrollo e innovación permitiría la extensión del mercado de ERNC nuevos negocios, nuevas empresas, nuevas carreras técnicas y universitarias, más y nuevos puestos trabajos, nuevas profesiones y desarrollo de nuevas habilidades. Lo que contribuiría a seguir creciendo y fortaleciendo el desarrollo económico y humano, y adicionalmente de forma sustentable. Resulta fundamental el desarrollo de políticas, planes y programas que adapten las tecnologías existentes a la realidad local. Este problema es especialmente crítico para tecnologías de energía renovable a pequeña escala, ya que carecen de las garantías necesarias para obtener financiación y requieren altos recursos financieros durante la innovación y etapas de la invención de desarrollo (Nasirov et al. 2015).

4.3.2. Barreras de tipo arrastre de mercado

– Falta de competencia en el mercado eléctrico

El marco regulatorio no fue diseñado para las ERNC, sino para los grandes bloques de generación. Las leyes de fomento a las ERNC²⁸ no intervienen en el fondo del modelo

²⁸ Dentro de las leyes de fomento de ERNC se encuentran: Ley 19.940 (Ley Corta I): Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos con el objetivo principal de regular la toma de decisiones y el desarrollo de la expansión de la transmisión de electricidad. También establece incentivos para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación. Ley 20.018 (Ley Corta II): Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos con el objetivo principal de estimular el desarrollo de inversiones en el segmento de generación a través de licitaciones de suministro realizadas por las empresas de distribución. Ley 20.257 (Ley ERNC): Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos, estableciendo la obligatoriedad para las

marginalista, donde los proyectos con altos costos de inversión y bajos costos de operación, cuyo riesgo fundamental es el precio de la electricidad, tienen pocas opciones de obtener financiamiento. El mercado de generación eléctrica en la práctica es oligopólico, por lo cual las dificultades para entrar, en particular para proyectos pequeños, son mayores.

El mercado eléctrico chileno posee un alto nivel de concentración. Por ejemplo, al año 2009, sólo tres empresas y sus filiales poseían el 89% de la potencia instalada de servicio público del Sistema Interconectado Central (SIC) (Endesa 51%, Colbún 20%, AES Gener 19%). Otras doce empresas poseen el 10% restante (CNE, 2015). Sin perjuicio de esto, la entrada de las ERNC ha fortalecido la competencia, y esto ha tenido un efecto real en la baja de los precios finales de la electricidad, tal como se apreció en la última licitación de bloque de energía.

– Tratamiento contractual de las fuentes de energías renovables

Otro aspecto es el tratamiento de las fuentes ERNC en los contratos de suministro. Se les exige las mismas condiciones que a una gran central térmica o hidroeléctrica, en particular en lo que se refiere a asegurar a firme la oferta de electricidad. Dada la naturaleza variable del recurso (sol, viento, agua), surge la necesidad para un oferente a que la oferta faltante comprometida se supla con terceros. Así, a los proyectos ERNC se les introducen costos adicionales no fácilmente predecibles, aumentando el riesgo para el inversionista e impactando negativamente la rentabilidad de un proyecto.

– Dificultad de conexión de plantas de ERNC a las redes eléctricas

Muchos de los proyectos de ERNC se encuentran ubicados en zonas muy alejadas de los centros urbanos, en la mayoría de los casos en zonas montañosas o costeras donde las redes eléctricas cercanas son de menor capacidad de inyección o bien no existen. Ello implica que se deba incurrir en costos adicionales con objeto de que se pueda desarrollar un proyecto de conexión a las líneas o subestaciones cercanas, con lo que un buen proyecto, desde el punto de vista del recurso, no se construya por la baja rentabilidad que genera. La implementación de una nueva línea de conexión y transmisión incluye la definición del trazado de la línea, obtención de servidumbre por múltiples predios, obtención de la aprobación ambiental, realización de estudios de impacto sistémico, junto con una inversión considerable en la línea y el paño de llegada a la subestación. Todas estas tareas agregan un alto costo al proyecto (Silva, Villena, 2014).

empresas de generación eléctrica de acreditar un mínimo de 5% de sus inyecciones de energía con fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC), ya sea directa o indirectamente. Ley 20.571 (Net Billing): Habilita inyección de excedentes de energía a sistemas de distribución. Ley 20.698: Propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales.

– Falta de industria de servicios conexos

La industria de servicios conexos para las energías renovables es el conjunto de empresas y personas naturales necesarias el desarrollo de las ERNC. Estos servicios incluyen las consultorías, equipos de medición, elementos de análisis, capacidades profesionales, servicios de ingeniería para instalaciones, calibración de instrumentos de prospección, logística y montajes, así como también servicios técnicos para operación y mantención. La falta de estos servicios, se transforma en una barrera que, en definitiva, aumenta los costos de la industria ERNC al obligar la contratación de muchos componentes y servicios en el extranjero, reduciendo la rentabilidad de sus proyectos. En Chile, existe la dificultad para encontrar buenas empresas de ingeniería en este segmento (excepto para plantas menores a 20 MW en hidráulica; en otras tecnologías las capacidades son muy escasas constituyéndose en una barrera efectiva al desarrollo de proyectos) (Chile Sustentable, 2011). Esta situación está cambiando con la llegada al país de empresas europeas especializadas en ERNC a consecuencia de la crisis en ese continente.

– Oposición local al desarrollo de proyectos

Los proyectos ERNC, aun cuando presentan menores impactos ambientales en comparación con los megaproyectos eléctricos, están enfrentando una oposición local creciente. Esta oposición consiste en términos generales en una negativa de la comunidad local y de los habitantes de un territorio a que en sus inmediaciones o cercanías se instale un proyecto de generación eléctrica. Esta oposición se explica fundamentalmente por dos factores: 1) La negativa a un proyecto por las externalidades ambientales que este presente. 2) Por un interés en participar en los beneficios de dicho proyecto. Asumiendo que las barreras de entrada que actualmente enfrentan los proyectos ERNC en Chile se irán despejando, y dado que estas han proliferado alcanzando mayores cuotas del mercado eléctrico, la experiencia internacional indica que es muy probable que esta propagación traerá consigo un aumento de los conflictos socio-ambientales asociados a los mismos proyectos.

De este modo, para que el avance de la electricidad basada en fuentes ERNC en Chile se concrete, no basta con la implementación de instrumentos de política que aborden las barreras de entrada de tipo regulatorio y financiero. También requiere de procedimientos que permitan resolver los conflictos asociados a la oposición local que los proyectos ERNC suscitan, en Chile existe un gran déficit en este aspecto.

Para lo anterior es conveniente comprender que, gran parte del origen de estos conflictos, proviene de la desigual distribución geográfica de los beneficios y costos de un proyecto de estas características (Proaño, 2015).

– Falta de incorporación de externalidades y otros impactos

Las externalidades tanto positivas como negativas²⁹ de las ERNC y de los combustibles fósiles, que en los estudios favorecen a las primeras, no están debidamente consideradas

²⁹ Las externalidades se definen como decisiones de consumo, producción e inversión que toman los individuos, los hogares y las empresas y que afectan a terceros que no participan directamente en esas

en la discusión de la política energética. Así, los costos de generación de energía basada en fuentes de ERNC resultan mayores que los de generación basada en combustibles fósiles. Lo anterior implica que las tecnologías limpias –que son por lo general de mucho menor impacto ambiental, tanto local como global, con respecto a las tecnologías tradicionales– no compiten en igualdad de condiciones en Chile. Las externalidades aún no se internalizan debiesen ser incorporadas a través de impuestos y / o tasas sobre la energía generada a partir de combustibles fósiles. Esto, ya que los costes adicionales de los combustibles fósiles no son iguales al costo de oportunidad de la electricidad generada a partir de fuentes ERNC (Nasirov, et al.2015)

5. Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad generada mediante fuentes de ERNC

Existe un amplio abanico de situaciones en que implementar instrumentos de política pública para superarlas se justifica desde una perspectiva social (REEEP, 2009). Siguiendo con el enfoque basado en el proceso de innovación tecnológica elaborado anteriormente (ver sección 2.4), estos instrumentos se pueden agrupar en dos categorías: empuje tecnológico y arrastre de mercado.

Los instrumentos de tipo empuje tecnológico persiguen alentar la oferta de tecnologías de electricidad ERNC por medio de medidas que reducen los costos de innovar. Por su parte, los instrumentos de tipo arrastre de mercado apuntan a impulsar la demanda de electricidad ERNC por medio de medidas que aumentan los beneficios privados de producirla (Nemet, 2009). De acuerdo con una revisión de la literatura internacional, la Tabla 4.1 distingue los principales instrumentos de política para superar las barreras que se oponen a la electricidad generada mediante fuentes de ERNC en función de la etapa del proceso de innovación.

Tabla 1.4
Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad ERNC
en el proceso de innovación

Tipo de instrumento	<i>Empuje tecnológico</i>		<i>Arrastre de mercado</i>	
	Invención	Innovación	Comercialización	Difusión
Etapa				

transacciones. El ejemplo típico de externalidad negativa es la contaminación. Otros ejemplos de externalidades negativas incluyen el deterioro de la calidad de vida (p. ej., para los vecinos de una termoeléctrica), el encarecimiento de la atención de la salud y la pérdida de oportunidades de producción (p. ej., cuando la contaminación desalienta el turismo). Existen también externalidades positivas; en este caso, se trata de beneficios privados socializados. Por ejemplo, las actividades de investigación y desarrollo están ampliamente consideradas como generadoras de efectos positivos que trascienden al productor privado y alcanza toda la sociedad.

Instrumento de política	<ul style="list-style-type: none"> - Financiamiento público directo para la innovación tecnológica - Estimulación de redes y asociaciones de desarrollo colaborativas - Educación y capacitación - Transferencia tecnológica - Provisión de capital de riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándares de portafolios de renovables - Sistemas de primas - Precio a las emisiones de CO2
--------------------------------	--	--

5.1. Instrumentos de tipo empuje tecnológico

5.1.1. *Financiamiento público directo para la innovación tecnológica*

Al proporcionar financiamiento directo para la investigación y el desarrollo de tecnologías ERNC, los gobiernos pueden mitigar el problema de la “externalidad doble” asociada a las innovaciones sustentables y así promoverlas cuando todavía son inmaduras (del Río, Carrillo-Hermosilla y Könnöla, 2010).³¹ Del mismo modo, también pueden estimular el desarrollo de opciones tecnológicas prometedoras que previamente recibían una atención modesta (Turkenburg, 2002). En este sentido, aunque sea una iniciativa aislada, resulta alentador que el Gobierno de Chile este financiando el desarrollo de las tecnologías marinas en el país, y que se haya logrado un progreso significativo en este ámbito durante el año 2014. El anuncio de USD 27 millones para el financiamiento de un centro de excelencia de energía marina y el apoyo de los primeros proyectos pilotos de energía undomotriz y mareomotriz es un avance muy positivo (Aquaterra, 2014).

5.1.2. *Estimulación de redes y asociaciones de desarrollo colaborativas*

Por medio de la iniciación y el estímulo a redes y asociaciones de desarrollo colaborativas nacionales e internacionales entre empresas, universidades e institutos de investigación públicos, los gobiernos pueden aumentar la coherencia entre la demanda y la oferta de investigación y el desarrollo del conocimiento y la innovación (Turkenburg, 2002). En efecto, estrategias de este tipo no sólo han probado ser muy efectivas en el desarrollo de la eco-innovación (del Río, Carrillo-Hermosilla y Könnöla, 2010), sino que constituyen otra forma de abordar la barrera asociada al escaso financiamiento público para la investigación y el desarrollo (Turkenburg, 2002).

Además, como parte de una política de gobierno, es importante alentar a las industrias de alto consumo energético en el país, en especial la minería y la industria, la asignación

³¹ La primera externalidad, asociada al conocimiento, y común a todos los procesos de innovación tecnológica, radica en la facilidad con que el conocimiento puede ser copiado una vez creado, y por tanto, los inventores no pueden apropiarse completamente de los beneficios de sus inversiones en la creación del conocimiento. La segunda, la externalidad ambiental, esto es, los beneficios ambientales que generan dichas tecnologías, no puede ser capturada por los inversores privados, creando desincentivos para su creación y desarrollo (Foxon y Pearson, 2008).

de fondos para la promoción de la innovación tecnológica y proyectos piloto renovables(Nasirov et al. 2015).

5.1.3. Educación y capacitación

El establecimiento público de programas y centros de educación y capacitación corresponde a una de las principales medidas para superar las barreras asociadas a la carencia de profesionales adecuadamente capacitados para instalar, operar y mantener las tecnologías de electricidad generada mediante fuentes de ERNC (Nguyen et al., 2010). Estos son necesarios para informar a los clientes potenciales acerca del estado de madurez alcanzado por las diferentes tecnologías de electricidad ERNC. También son necesarios para capacitar a ingenieros e instaladores que permitan el despliegue de estas tecnologías (Philibert, 2006).

5.1.4. Transferencia tecnológica

Si bien gran parte del potencial para instalar tecnologías de electricidad generada mediante fuentes de ERNC se encuentra en los países en desarrollo, la mayoría de las innovaciones se dan en los países desarrollados (Ockwell et al., 2007). De este modo, para avanzar en la expansión global de estas tecnologías es necesario una efectiva transferencia desde los últimos a los primeros (Ahuja y Tatsutani, 2009). Para que la transferencia tecnológica sea efectiva, ésta debe formar parte de un proceso amplio de capacitación tecnológica que incluya el traspaso tanto de conocimiento como de habilidades (Ockwell et al., 2007).

5.1.5. Provisión de capital de riesgo

Debido a que los altos costos de capital constituyen una de las principales barreras que enfrenta la electricidad generada mediante fuentes de ERNC, el financiamiento público es un elemento clave para su despliegue, por medio de préstamos con bajas tasas de interés o a largo plazo (Stewart-Rattray, 2009; van Alphen, Kunz y Hekkert, 2008). De hecho, existen diversos casos en que el gobierno asume parte del riesgo asociado al desarrollo de la electricidad generada mediante fuentes de ERNC. Ejemplos europeos corresponden a la oferta gubernamental de préstamos a bajas tasas de interés en Austria, Alemania, Luxemburgo y España, y la oferta de préstamos a largo plazo en Latvia (Kautto, 2005). Otros ejemplos son la provisión de aproximadamente el 40% del costo de capital para proyectos solares y mini hidro en Tailandia (Uddin, Taplin y Yu, 2010) y del 30% para nuevas plantas a gran escala para la producción de biocombustibles en Estados Unidos (REN21, 2011).

Como opción alternativa, en la fase inicial de desarrollo, las instituciones financieras internacionales también pueden tener un papel importante que desempeñar en la financiación de proyectos de energía limpia y en particular en la aceleración de vínculos con el mercado (OLADE et al., 2015).

5.2. Instrumentos de tipo arrastre de mercado

5.2.1. Estándares de portafolios de renovables

Diversos países, especialmente de la OCDE, han introducido políticas que obligan a que parte de la electricidad suministrada provenga de fuentes ERNC (Stewart-Rattray, 2009). Usualmente denominados “estándares de portafolios de energías renovables”, estos instrumentos requieren que las generadoras demuestren el cumplimiento, ya sea por medio de su propia generación o la compra de electricidad a otras generadoras (Beck y Martinot, 2004). Como una manera de reducir los costos, estas obligaciones se pueden hacer transables mediante la emisión de certificados de generación transables (Painuly, 2001). Chile introdujo esta práctica en el año 2013, a través de la Ley 20.698. Esta ley propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales. Pretende elevar la meta de generación eléctrica de ERNC desde un 10% para el 2014 a un 20% en el año 2025.

Sistemas de primas

Otro mecanismo popular para promover la electricidad generada mediante fuentes de ERNC en los países desarrollados es el sistema de primas o FIT (“Feed-in tariffs” por su denominación en inglés), ya que ofrece a los generadores una garantía de pagos por la electricidad que producen (Howarth, 2012). Al mismo tiempo, muchos países desarrollados garantizan un despacho prioritario de energía basada en ERNC por sobre las fuentes convencionales (más contaminantes). En éstos el regulador fija una tarifa mínima que debe ser pagada al generador por cada unidad de electricidad generada mediante fuentes de ERNC que vuelve a la red de modo que el generador obtenga una rentabilidad adecuada para su inversión (Sáenz de Miera, 2007). Este mecanismo corresponde a una de las principales medidas para superar la barrera de entrada asociada a la incertidumbre con respecto al precio de venta de la electricidad (Stewart-Rattray, 2009). Chile a través de la Ley 20.571, introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos con el objetivo de regular el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. Autoriza a los usuarios finales a inyectar energía eléctrica a la red de distribución a través de su empalme de conexión, sujeto a que se trate de generación de electricidad generada mediante fuentes de ERNC y que la capacidad no exceda los 100 kW (Biblioteca del Congreso Nacional, 2016).

5.2.2. Precio a las emisiones de CO₂

En contraposición a los estándares de portafolios de renovables y los sistemas de primas, cuyo objetivo es incentivar la inversión en la electricidad generada mediante fuentes de ERNC, el propósito de ponerle precio a las emisiones de CO₂ es desalentar la inversión en tecnologías basadas en combustibles fósiles (Pegels, 2010). Más específicamente, este mecanismo persigue internalizar las externalidades ambientales negativas asociadas a la emisión de CO₂ por parte de las fuentes de electricidad fósil por medio de la introducción de incentivos económicos, ya sea a través de impuestos específicos o de permisos de emisión transables (Azuela y Barroso, 2011). Esta materia es uno de los grandes puntos pendientes en la política energética chilena, ya que si bien existen compromisos internacionales importantes (COP 21, 2015), sigue pendiente

saber cuál será el método de implementación específico para reducir las emisiones de GEI a la atmosfera.

5.3. Instrumentos de política para superar las barreras a la electricidad ERNC en Chile

Si bien la literatura internacional que identifica los instrumentos necesarios para abordar las barreras de entrada al mercado que enfrenta la electricidad generada mediante fuentes de ERNC es abundante, no ocurre lo mismo con la literatura nacional. Mientras algunos estudios nacionales abordan los obstáculos que enfrenta la electricidad generada mediante fuentes de ERNC en Chile, la información existente acerca de cómo enfrentarlos es muy escasa. En efecto, dado que aparentemente el único estudio empírico que aborda este tema es Villagra (2011), esta sección se basa en los resultados de dicho trabajo.

Este estudio usa una metodología de índole cualitativa que recoge las percepciones que sobre esta materia tienen actores relevantes del ambiente nacional, dentro de los que cuentan 30 actores de la industria, el gobierno, la academia y las ONGs. (. Para esto diseñó una entrevista coherente tanto con la realidad nacional como con la experiencia internacional. Así, la selección de los instrumentos de política a evaluar por los entrevistados surgió de una revisión de la literatura relevante especializada tanto internacional como nacional. La Tabla 1.6 detalla los instrumentos evaluados por los entrevistados.

Tabla 1.5. Evaluación de los instrumentos para superar las barreras a la electricidad generada mediante fuentes de ERNC en Chile

Tipo	Instrumento	Descripción
Empuje tecnológico	Estimulación de redes y(asociaciones de desarrollo colaborativas	Fortalecimiento del intercambio de conocimiento entre actores de determinadas redes de innovación y de la capacidad de los actores del sector ERNC (colaboración con la industria, asociaciones gremiales y universidades).
	Financiamiento público directo para la innovación tecnológica	Estímulo al desarrollo y la demostración de tecnologías ERNC innovadoras por parte de empresas y organizaciones de investigación a través de un aumento de los fondos públicos.
	Educación y capacitación	Fortalecimiento de la educación a nivel ciudadano para destacar las bondades de la electricidad generada mediante fuentes de ERNC y de la capacitación a nivel técnico para desarrollar, adaptar, instalar, operar y mantener las tecnologías de aprovechamiento de ERNC.
	Incentivos para la transferencia tecnológica ERNC	Implementación de un sistema de incentivos económicos que faciliten la transferencia de tecnologías de aprovechamiento de ERNC por medio de la inversión extranjera directa.

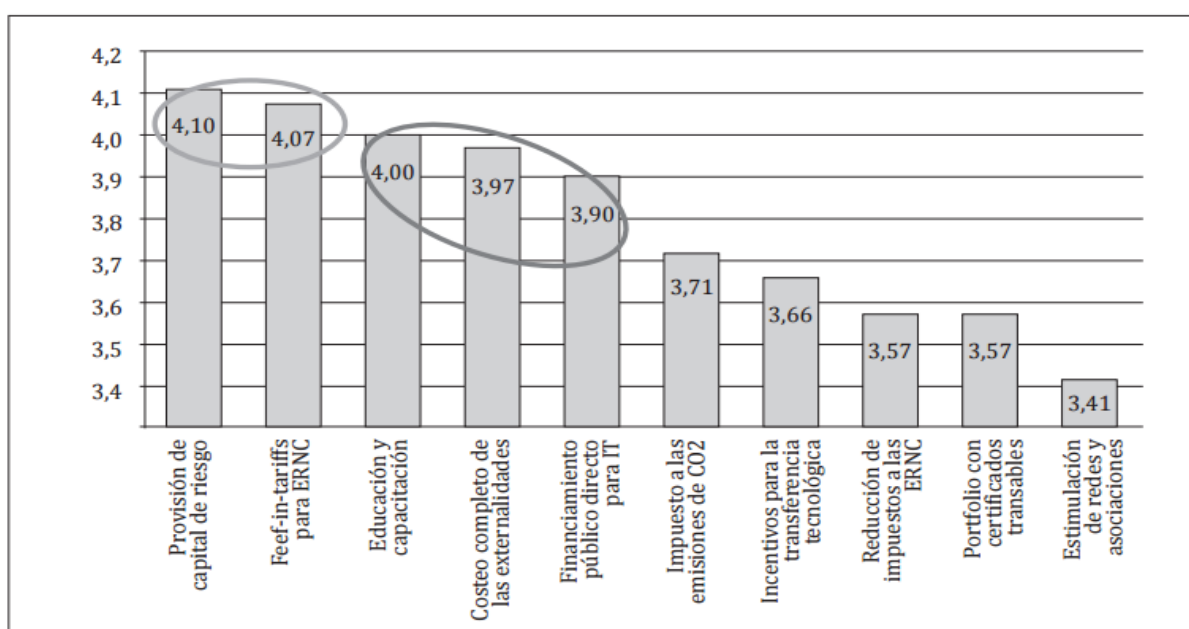
	Provisión de capital de riesgo	Levantamiento y provisión de capital de riesgo por parte del Estado para facilitar la materialización de las etapas intensivas en capital de los proyectos ERNC (pilotos y comerciales).
Arrastre de mercado	Portfolio con certificados transables para ERNC	Establecimiento de un mecanismo que otorga a los suministradores de electricidad generada mediante fuentes de ERNC certificados transables, los cuales deben ser utilizados por las empresas comercializadores de electricidad para acreditar que cumplen con el porcentaje anual de inyección ERNC.
	Feed-in-tariffs (FIT) para ERNC	Establecimiento de un mecanismo que otorga a los generadores de electricidad proveniente de fuentes de ERNC un precio de compra garantizado (mediante contratos a largo plazo, sobre todo); éste debe cubrir los costos de generación de energía. Los FIT frecuentemente se combinan con un despacho prioritario, es decir, que los generadores de ERNC tengan prioridad al inyectar su energía a la red ante otras fuentes de energía convencional.
	Impuesto a las emisiones de CO ₂	Establecimiento de un impuesto específico a las emisiones de CO ₂ generadas por los generadores de electricidad. Esto aumenta los costos de generación de energías convencionales e incentiva producir energía renovable.
	Emission Trading System (ETS).	Los permisos de emisión transables están conformados por aquel grupo de actos administrativos en virtud de los cuales se autoriza a que, en el ejercicio de una determinada actividad, puedan ser emitidos al medio ambiente (atmosférico, acuático, suelo) una cantidad máxima y determinada de contaminantes y, paralelamente, a disponer de todo o parte de dicha cantidad cuando ésta no es utilizada. Se trata de instrumentos de gestión ambiental de tipo económico.
	Reducción de impuestos a los generadores de electricidad generada mediante fuentes de ERNC	Establecimiento de un mecanismo que reduzca los impuestos de los generadores de electricidad generada mediante fuentes de ERNC por medio de una baja en el IVA, esquemas de depreciación acelerada o reducciones en el impuesto a la renta.
	Costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad	Establecimiento de un mecanismo para que los precios de la electricidad reflejen los costos totales asociados a su generación (incentivo para las de menor impacto ambiental y desincentivo para las de mayor).

Fuente: Villagra (2011) y elaboración propia.

Para analizar la opinión sobre los instrumentos de política que facilitan la superación de las barreras que dificultan el desarrollo de la electricidad generada mediante fuentes de ERNC en Chile, los entrevistados asignaron un peso entre 1 y 5 (en donde 1 significa que facilita muy poco y 5 que facilita mucho) a todos los instrumentos de la Tabla 3.2.

Los resultados de este ejercicio reflejan que los entrevistados consideran la “Provisión de capital de riesgo” y las “Feed-in-tariffs para ERNC” como los instrumentos más relevantes para superar las barreras. Estos son seguidos por la “Educación y capacitación”, el “Costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad” y el “Financiamiento público directo para la innovación tecnológica”. Por su parte, el instrumento “Estimulación de redes y asociaciones de desarrollo colaborativas” es claramente considerado como el de menor relevancia para los entrevistados. Entre estos extremos se ubican el resto de los instrumentos evaluados por los entrevistados (ver Figura 4.1).

Figura 1.19. Instrumentos para superar las barreras a la electricidad generada mediante ERNC en Chile (peso promedio)



Fuente: Elaboración propia basada en Villagra (2011).

Por su parte, los entrevistados mencionaron una gran cantidad de instrumentos para superar las barreras de entrada a la electricidad generada mediante ERNC que no figuraban en la lista que les fue entregada para su evaluación. Estos se pueden dividir en dos categorías: a) aquellos relacionados con los de la lista que evaluaron y b) aquellos no relacionados con los de la lista que evaluaron. Dentro de los primeros se destacan claramente los referidos a los instrumentos de política “Provisión de capital de riesgo”, “Feed-in-tariffs para ERNC” y “Costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad” (la Tabla 4.3 resume esta información). Dentro de los segundos se destacan los referidos al “Fortalecimiento de capacidades”, la “Gestión de la demanda” y la “Generación distribuida”.

Tabla 1.6 Otros instrumentos para superar las barreras, relacionados con los evaluados:

Instrumento de política evaluado	Ejemplos mencionados por los entrevistados
Provisión de capital de riesgo	<ul style="list-style-type: none"> - Líneas de crédito para financiamiento de proyectos ERNC - Garantías a créditos para ERNC, ya que reducen el riesgo para la entidad financiera facilitando el acceso a crédito y disminuyendo el costo de capital - Oportunidades de fondo de garantía - Fortalecimiento de garantías públicas que cubra riesgos técnicos (no comerciales) de proyectos ERNC financiados por banca local - Introducción de instrumentos de fomento para cubrir riesgo de exploración geotérmica de etapas avanzadas - En geotermia, crear fondo de inversiones junior para invertir en prospección
Feed-in-tariffs para ERNC	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumento que establezca precio o ingreso de proyectos ERNC en general y particularmente para los eólicos y solares - Mecanismos de estabilización de precios para ERNC - Aseguramiento de precio mínimo en el mercado Spot - Hacer que una aseguradora emita una prima para vender a mercado Spot - Pago por potencia “especial” para las ERNC por medio del establecimiento de un fondo conjunto
Costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad	<ul style="list-style-type: none"> - Llevar al mercado las bondades ambientales de ERNC para que compitan - Derechos de emisión transables, ya que le ponen costo a la emisión de CO2

5.3.1. Nuevas herramientas para abordar las barreras de las ERNC en Chile

5.3.1.1 Planificación territorial

Dentro de otras herramientas que ha escogido el Gobierno en los últimos tres años para superar las barreras asociadas al desarrollo de las energías renovables encontramos la planificación territorial en materia energética. Numerosos estudios, incluso evaluaciones elaboradas por el estado de Chile, han reconocido la ausencia de una política nacional de ordenamiento territorial para la energía y la necesidad urgente de abordar este asunto (Leyton et al., 2011; SUBDERE, 2011;). Así, uno de los instrumentos que puede dar un impulso importante a las ERNC en Chile parece ser la planificación territorial. Esta, está siendo actualmente impulsada desde el gobierno mediante distintos programas, entre los cuales destacan los programas de: 1- Ciudad energética y 2-Estrategias Energéticas Locales.

El Ministerio del Interior de Chile define Ordenamiento Territorial Energético (OTE) como “una estrategia multidisciplinaria y comprensiva con el fin de desarrollo regional equilibrado y la organización física del espacio según una estrategia superior” (Council of Europe, 1983; SUBDERE, 2011).

Por su parte, las Estrategias Energéticas Locales, se definen como: “una herramienta que sirve para que los municipios puedan analizar el escenario energético y estimar el potencial de energía renovable y eficiencia energética que se puede aprovechar en su territorio, definiendo una visión energética e involucrando de forma activa a la comunidad en el desarrollo energético de la comuna” (Ministerio de Energía, 2015). Se encuentran dentro de sus objetivos fomentar la participación de la ciudadanía en la adopción de una cultura de generación energética descentralizada, potenciando la eficiencia energética y la incorporación de los recursos energéticos del territorio en el modelo de desarrollo.

Esta metodología tomo como referencia la experiencia de la herramienta suiza “Energienstadt” que ha sido implementada en 21 países de la Comunidad Europea y Asia. Este instrumento promueve las energías renovables y la eficiencia energética en los municipios y los barrios, mejora la competitividad del sector energético y contribuye a la reducción de la contaminación del aire. Un elemento crucial es la participación ciudadana y el involucramiento de nuevos actores al mercado, con énfasis en el rol de la ciudadanía en la adopción de una cultura que promueva la descentralización energética, la eficiencia en el uso de la energía y la incorporación de energías renovables no convencionales a nivel nacional.

El proceso de elaboración de una Estrategia Energética Local (EEL) comienza por el interés y decisión de las autoridades municipales. Una vez tomada la decisión de avanzar en un desarrollo energético a nivel del municipio se inicia un proceso en el que participan distintos actores. Para asegurar un proceso que involucra a todos los actores relevantes de la comuna y que se base en información y análisis sólidos, es recomendable recurrir a un ente consultor que acompañe el proceso. Luego se debe desarrollar la estrategia en conjunto con la comunidad, el sector público y privado, los que deben validar los resultados para que una vez terminada y definida cual será la

estrategia que se implementará, la municipalidad pueda comenzar el proceso de implementación de la misma.(EEL, 2015)

De acuerdo a lo que se ha podido observar a nivel nacional e internacional, los impactos de las EEL son diversos. Esto se pueden dividir en tres ámbitos: Social, Económico y Ambiental.

A nivel social, los impactos identificados son:1) Se fomenta un cambio de la conducta y el comportamiento de la población local en el tema energético por medio de la sensibilización y capacitación. 2) Existe una mayor cohesión entre los distintos actores de la comuna, incluido el sector público, privado como también los vecinos. 3) Se genera, al menos en parte, una descentralización del sistema energético en base a los recursos naturales de cada comuna, fomentando la participación e involucramiento de los actores locales. 4) El municipio promueve un alto estándar de calidad de vida para sus habitantes, recibiendo reconocimiento público y cobertura positiva en los medios.

A nivel ambiental, los impactos son los siguientes: 1) Mejoramiento de la calidad del aire en las ciudades con una alta dependencia de la leña en la matriz energética.2) Mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero por la reducción del consumo de combustibles fósiles, debido al impulso de las energías renovables y la eficiencia energética.3) Menor cantidad de residuos en rellenos sanitarios en aquellas comunas o territorios que hagan separación de basura con fines de generación energética.

A nivel económico los impactos que se observan son:1) Mayor dinamismo económico al diversificar los ingresos y fomentar la creación de nuevas empresas e inversión de organizaciones de otros territorios en el sector. 2) Estabilización de los precios de la energía al tener una mayor participación de las energías renovables en base a fuentes locales.3) Ahorros a nivel comercial, público y residencial como también industrial por la aplicación de medidas de eficiencia energética e incorporación de tecnologías de generación distribuida. 4) Modelos de participación entre la comuna, vecinos y/o empresas generadoras para elaborar beneficios a través de modelos de valor compartido.5) Posibilidad de generar negocios nuevos, especialmente negocios inclusivos y con participación local. (Ministerio de Energía, 2015)

Resulta particularmente valiosa esta iniciativa, ya que toca temas fundamentales del desarrollo energético del país, como son la participación de la ciudadanía, y la implementación de proyectos energéticos que permitan la conservación de los recursos ambientales locales.

Actualmente nuestro territorio descansa, en materia de desarrollo energético, en un fuerte componente basado en la iniciativa privada, los privados escogen donde emplazar sus proyectos, qué fuente de generación utilizar, así como qué cantidad de energía generar, y lo más importante, qué componentes socio ambientales de interés local o nacional impactar. Sin embargo, existen modelos distintos. No todo el mundo funciona únicamente con la iniciativa privada. La planificación y estrategias energéticas pueden favorecer tremendamente el desarrollo de una localidad, al conocer con certeza los recursos con los que se cuentan y con una activa participación de la ciudadanía y del estado.

Resulta especialmente interesante reconocer los esfuerzos y actividades que forman parte de la nueva Agenda Energética (Ministerio de Energía, 2014). En particular, cabe mencionar que se propone ir un paso más adelante de las Estrategias energéticas Locales, y construir un instrumento de Ordenamiento Territorial Energético Regional (OTER) para identificar, de manera indicativa (no vinculante), las áreas apropiadas para cada tipo de energía. Este instrumento apoyará el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) y los otros instrumentos de OT existentes. De forma paralela, se propone construir una visión de largo plazo con el apoyo de un Comité Consultivo que incluya representantes del sector público, privado, sociedad civil y academia (Ministerio de Energía, 2015).

Nadie quiere que instalen un proyecto de generación eléctrica en su patio trasero. Vivimos una amplia conflictividad y judicialización en la materia y esta herramienta puede ser un muy buen catalizador de estos conflictos.

La coordinación entre empresas y ciudadanía, al ser mal abordada, pueden degenerar en un conflicto. Bien tratados, pueden transformarse en fuentes de desarrollo comunitario, así como una fuente de ricas experiencias prácticas de cooperación público-privada.

5.3.1.2 Fomento a la Generación Distribuida Urbana

La generación distribuida (GD) es una oportunidad para nuestro país, y se incluye como una de las posibilidades de mejora de nuestro sistema eléctrico. El sistema energético nacional está constantemente expuesto a amenazas que afectan tanto a la actividad económica como a las personas. En particular, desastres naturales como terremotos, maremotos o aluviones, o fallas inesperadas de infraestructuras estratégicas pueden afectar simultáneamente las redes eléctricas, de hidrocarburos y transporte, impactando la confiabilidad en el abastecimiento energético del país. (Ministerio de Energía, 2015)

Los avances tecnológicos han posibilitado la introducción de unidades de GD que aprovechan los energéticos primarios convencionales, así como los no convencionales, para la producción de energía eléctrica, satisfaciendo de este modo las crecientes necesidades de los usuarios, y apoyando un modelo descentralizado y seguro.

Sin embargo pese a los múltiples beneficios de la GDU, el desarrollo en distintos países ha avanzado a ritmos totalmente distintos.

La modalidad de GD que está teniendo un mayor crecimiento en el mundo es la que ocurre en las ciudades y se basa en la energía solar fotovoltaica (FV). Tal grado de popularidad ha alcanzado esta tecnología que ha rebasado los pronósticos más ambiciosos, incluso en países con baja radiación solar. Sin embargo, este fenómeno contrasta con la realidad chilena, a pesar de las excepcionales condiciones de radiación solar existentes en muchas regiones del país.

- La Generación Solar Distribuida (GSD)

La generación de energía aprovechando la radiación solar es un concepto que existe desde hace mucho tiempo, sin embargo, el uso masivo de las fotoceldas es un fenómeno relativamente reciente que surgió a partir de las preocupaciones por la huella de carbono en la generación de energía.

Algunas características de la Generación Solar distribuida son:

- Es producida a nivel individual o mediante cooperativas generalmente creadas para este fin.

- Se conecta normalmente a la red mediante conexiones reversibles. La red se usa como un gran dispositivo de almacenamiento.

- Resulta especialmente beneficioso la instalación de GSD en lugares donde existen problema durante la de congestiónamiento y mantenimiento de las redes. La instalación de sistemas de GSD permite sortear temporalmente “cuellos de botella” en zonas donde la capacidad de transmisión de energía se encuentra saturada y/o no es posible aumentar dicha capacidad en un plazo razonable. Además disminuye la inversión necesaria en transmisión y distribución de energía.

- Desde un punto de vista de la eficiencia energética existe una reducción de las perdidas en líneas, ya que se consume energía en el mismo sitio donde se produce, reduciendo la pérdida de energía durante la transmisión.

- Es común que en los casos que cada pequeño generador produzca excedentes, estos se inyecten a la red para su uso en otro sitio, esto, a la vez, genera una retribución para el productor por el excedente inyectado a la red.³²

- Desde un punto de vista ambiental: La generación mediante fuentes renovables evita la emisión de carbono y gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo evita las emisiones de combustibles fósiles sobre los ecosistemas locales.

- La GSD, ayuda a aumentar la seguridad y confiabilidad de la red eléctrica. Disminuye la frecuencia de apagones y cortes de suministro.

- Experiencias internacionales en GD y GSD.

Uno de los casos más cercanos a nosotros es el de Estados Unidos. Veintinueve de los cincuenta estados tienen metas obligatorias de penetración de renovables. Dieciséis de ellos también tienen metas específicas para GD Y GSD que varían entre suministrar entre 0,2 y 4% de las ventas de energía distribuida para 2020 o 2025.

En 2012 se instalaron en EEUU la cifra record de 3.3 GW de capacidad, que sumada a la capacidad previa resulta un total de 7.2 GW. Los estados más activos en este reglón en una base per cápita son California, Arizona, Nueva Jersey, Hawái, Nevada y Nuevo

³² Uno de los mejores textos de GSD lo escribieron expertos del National Renewable Energy Laboratory (NREL), adscritos al Departamento de Energía de los Estado Unidos de América. Disponible en: <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60613.pdf>. (Visitado el 22 de septiembre del 2015).

México. El sistema adoptado en la mayoría de los estados es el Net Metering (Bird et al, 2013).

Hablando de lugares específicos, el estado de California tiene una irradiación de 4,5 a 6,6 K/h/m²/ día donde las partes más altas corresponden a la zona desértica en el extremo suroriente del territorio. En materia de GSD, el estado tiene, a 2012, 170 mil techos solares instalados, y tiene la meta de llegar al 2020 con un millón de techos solares instalados. En términos de capacidad la meta al 2020 equivale a 12 GW en GSD. En California se habla de acelerar el proceso mediante combinación de otros sistemas, de pagos de excedentes, además del Net Metering.

Otro ejemplo notable en esta materia es el alemán. Este ejemplo es extraordinario, tomando en cuenta que la radiación solar alemana es muy similar a la de Alaska, teniendo una capacidad en materia de GSD de 3.010 kw/m²/día. A la fecha Alemania tiene cerca de un millón y cuatrocientas mil instalaciones solares distribuidas entre casas, granjas, pequeñas cooperativas, y empresas medianas a nivel de centrales eléctricas.

En Alemania, el 35% de la energía disponible, equivalente a 22 GW, se encuentra en manos de ciudadanos. Un 11% se encuentra en manos de granjeros, las grandes empresas de energía poseen un 5%, mientras que la industria y el comercio tienen el 14%.

La industria solar en el mundo, que comenzó casi a nivel de una operación marginal en Alemania, ahora representa un negocio de 100 mil millones de dólares anuales, de alcance mundial. Se pronostica, que la capacidad instalada mundial será de 400 a 600 GW para 2020(Mckinsey, 2012). Resulta llamativo que en ambos países existieron políticas de fomento específicas destinadas a fomentar esta forma de generación de energía, cuestión que debiese ser abordada de forma adecuada en nuestro país.

-Beneficios de la Generación Distribuida.

En los países en que la GSD ha sido impulsada ampliamente, los beneficios a la sociedad han sido muy importantes. Por ejemplo, en California, se crearon 47.300 empleos asociados a la industria de la energía solar y 53.431 en renovables, en general. En Alemania las cifras son aún más impresionantes: Se crearon 377.800 empleos en el sector de las renovables, perteneciendo la mayoría a la GSD.

Dados los objetivos y metas planteados en nuestra política nacional parece totalmente acorde estimular un sistema energético, que incorpore la GDU, sea completamente bidireccional, en donde se puede producir y gestionar la energía desde “arriba hacia abajo” y desde “abajo hacia arriba”, alcanzando niveles de generación distribuida y gestión de demanda similar a la de otros países de la OECD. (Ministerio de Energía,2015)

6. Discusión y conclusiones.

Durante el último tiempo la participación de tecnologías ERNC en la matriz eléctrica de Chile ha aumentado significativamente. Esto se ha debido principalmente a la combinación de tres factores: a) el alto potencial ERNC presente en Chile, b) el aumento de la competitividad de estas tecnologías frente a las tecnologías convencionales, principalmente producto de su maduración tecnológica y los altos precios de la electricidad y c) la introducción de modificaciones legales e incentivos específicos para su fomento.

Sin embargo, en consideración del potencial técnico y económico de estas tecnologías, su participación es considerada baja. Una explicación recurrente para esta brecha se basa en la presencia de diversas barreras de entrada que impiden una mayor expansión. Dado que éstas existen en todas las etapas que constituyen el proceso de desarrollo de la electricidad generada mediante ERNC (invención, innovación, comercialización en mercados nichos y difusión), cada etapa requiere de diferentes instrumentos de política para superarlas. Mientras en las primeras etapas se encuentran las barreras de tipo “empuje tecnológico”, en las finales están las de tipo “arrastre del mercado”. Por otra parte la aceptación de proyectos energéticos por parte de las comunidades constituye un desafío en sí mismo.

En este sentido, el análisis de la literatura revisada permite comprender diversos aspectos de relevancia asociados a las barreras de entrada que enfrenta la electricidad generada mediante ERNC en Chile y a los instrumentos de política necesarios para abordarlas. A continuación se revisan los más importantes.

6.1. Aspectos generales

Según la literatura revisada, la electricidad generada mediante ERNC enfrenta fuertes barreras de entrada de carácter sistémico y de naturaleza múltiple a lo largo del ciclo de innovación tecnológica, las que dificultan su expansión. Desde esta perspectiva es posible desprender varias lecciones generales relativas a la implementación de políticas para fomentar la electricidad generada mediante ERNC en Chile.

- En primer lugar, se destaca la necesidad de comprender que cualquier transición a un sistema eléctrico más sustentable demanda una deliberada intervención regulatoria y de política de fomento.
- Luego, que debido al largo plazo de las decisiones de inversión del sector eléctrico, esta intervención debe establecer objetivos de largo alcance por medio de señales claras y estables.
- A continuación, que la intervención debe apreciar tanto el fenómeno del cambio tecnológico como las barreras que enfrenta en su completa dimensión. En otras palabras, que una transición exitosa requiere abordar no sólo los aspectos tecnológicos, sino que también los de naturaleza económica, social e institucional.
- En seguida, que la intervención debe contemplar políticas específicas para todas las etapas del ciclo de innovación de la electricidad ERNC. En efecto, debe comprender políticas tanto

de tipo “empuje tecnológico” (que fomenten las etapas de invención e innovación) como de tipo “arrastre de mercado” (que fomenten las etapas de comercialización y difusión).

– Finalmente, que las políticas de intervención deben priorizar el fomento de aquellos proyectos ERNC que contribuyen a todos los objetivos de un sector eléctrico sustentable; a saber, seguridad de suministro, protección ambiental y eficiencia económica.

6.2. La importancia de superar la escasez de capital de riesgo

Este estudio refleja que una de las principales barreras de entrada que enfrenta la electricidad generada mediante ERNC en Chile es el limitado acceso al financiamiento. Es decir, que los costos de capital para proyectos ERNC son muy altos en comparación con los de las tecnologías convencionales y que a los desarrolladores se les exigen garantías adicionales.

En concordancia con lo anterior, este estudio también refleja que uno de los principales instrumentos de política para superar las barreras de entrada corresponde a la “Provisión de capital de riesgo”. En otras palabras, que el levantamiento y provisión de capital de riesgo por parte del Estado para facilitar la materialización de las etapas intensivas en capital de los proyectos ERNC, es una tarea primordial para su expansión.

En este sentido, los antecedentes parecen indicar que en ausencia de una participación activa del Estado en el financiamiento de proyectos ERNC, el sector financiero privado seguirá desfavoreciéndolos con respecto a los proyectos de generación tradicionales. Como expresa Dufey (2010), es crucial que el gobierno se involucre en el otorgamiento de garantías y en el fomento de nuevos instrumentos de financiamiento para el avance de la electricidad ERNC. O, en palabras de uno de los entrevistados por Villagra (2011), el gobierno debe entregar “garantías a créditos para ERNC, ya que reducen el riesgo para la entidad financiera, facilitando el acceso a crédito y disminuyendo el costo de capital”.

6.3. La importancia de ponerle precio a las emisiones de CO2

Este estudio destaca que las barreras asociadas a la exclusión de externalidades ambientales en los precios de la electricidad es una de las más relevantes. Es decir, que la ausencia de mecanismos que reflejen en los precios de la electricidad las externalidades ambientales negativas de las energías tradicionales es uno de los principales factores que le restan competitividad a las tecnologías de generación ERNC. Conforme a lo anterior, Villagra (2011) señala que el “costeo completo de las externalidades en los precios de la electricidad” es uno de los instrumentos de política más relevante para superar las barreras a la electricidad ERNC.

La relevancia de esta barrera, que está directamente relacionada con la ausencia de medidas que reflejen los costos de emitir CO2 por parte de las fuentes de generación térmicas, está en concordancia, tanto con la literatura internacional como con la situación nacional.

En efecto, mientras diversos autores indican que a nivel global la ausencia de precios para las emisiones de CO₂ es uno de los mayores obstáculos para la electricidad renovable no convencional (Stangeland, 2007; Valentine, 2010; Voß, 2006), la Agencia Internacional de Energía expresa que la carencia de medidas que reflejen los costos de emitir CO₂.

6.4. Estrategias nacionales de energía y fomento a la electricidad generada mediante ERNC.

Otro tipo de instrumentos fundamentales para superar las barreras al desarrollo de las ERNC en Chile es el desarrollo de estrategias políticas energéticas que abarquen de forma integral este desafío nacional.

Las propuestas Estrategia Nacional de Energía 2012-2030 (Ministerio de energía 2013), Agenda de Energía (2014) y Energía 2050 (Ministerio de Energía, 2015) reflejan que los gobiernos de turno han comprendido el importante rol que juega la electricidad generada mediante ERNC en el futuro energético de Chile. Todas apuntan a su fomento y a aumentar su participación en la matriz eléctrica nacional. Este trazado se ve confirmado tanto por las demandas de diversos sectores de la sociedad como por el Parlamento, en donde recientemente el Senado aprobó de manera unánime la llamada Ley 20/20, la que persigue que para el año 2025 el 20% de la matriz eléctrica nacional provenga de fuentes ERNC.

Estos documentos deben ser entendidos como grandes lineamiento del gobierno en materia de ERNC, al que seguirán otros y que esperamos que aborden de forma conjunta a abordar de forma asertiva los distintos desafíos del sector energético.

6.5 La planificación territorial en Chile.

Otra de las propuestas que se presentan como una promesa para destrabar el mercado energético chileno guarda relación con las distintas políticas públicas enfocadas en fortalecer, mediante un modelo participativo, el ordenamiento territorial chileno.

Si bien los mecanismos de ordenamiento territorial en Chile, resultan un avance en sí mismo, y son valiosos, también es importante destacar que tienen carácter indicativo, y un impacto limitado en decisiones, ya que el incumplimiento de sus lineamientos no resulta en el rechazo de proyectos (Leyton et al., 2011; Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2010a, 2010b).

Es por esto, que una vez implementados estos proyectos indicativos, y recogidos aprendizajes y experiencias en terreno, resulta recomendable sumar a la planificación territorial una norma vinculante a nivel nacional para el desarrollo de energía que incorpore los principios fundamentales y las etapas técnicas identificadas previamente y descritas. La norma también tiene que ser coherente con los instrumentos vigentes de ordenamiento territorial.

Un ordenamiento territorial insuficiente puede representar una barrera decisiva al desarrollo exitoso de ERNC (Miles & Odell, 2004; ECORYS Nederland BV, 2010; González, 2011). Por lo tanto, el estado debería elaborar, mantener y ejecutar normas para la ubicación y el diseño de proyectos energéticos (Holm, 2010). Un plan de ubicación y mapas obligatorio que identifique áreas vulnerables y sitios apropiados para proyectos energéticos y aborde impactos acumulativos apoya este principio (Thygesen & Agarwal, 2014) y se tiene que elaborar y consultar antes del ingreso al Sistema de Evaluación de impacto ambiental para poder cambiar la ubicación según la información recopilada a través del mapeo.

7. Reflexión final: la justicia en la evaluación ambiental

Como este estudio ha mostrado, la electricidad generada mediante ERNC tiene muchos beneficios en comparación con la electricidad convencional, tanto desde el punto de vista de la seguridad energética como de su impacto ambiental. Además, diversos estudios destacan su aporte en materia de empleo, acceso más equitativo a la electricidad, nivelación de los ingresos, etc. (Akella, Saini y Sharma, 2009). Sin embargo, su desarrollo también encuentra oposición y no es inmune a los conflictos sociales (Wolsink, 2010). Si bien en Chile la oposición a proyectos ERNC no es del todo preocupante por el momento, hay indicios de que el fenómeno está comenzando a tomar cuerpo en el país.

Un ejemplo de lo anterior es el caso de las exploraciones de energía geotérmica en los geiseres El Tatio, cuando un accidente despertó el malestar de la comunidad y dejó de manifiesto la insensatez de llevar a cabo un proyecto de esa naturaleza en uno de los lugares más turísticos de Chile. Otro corresponde al proyecto Parque Eólico en la Isla Grande de Chiloé, el que sufrió un traspie ante la justicia al considerarse que no debió someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a través de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) sino que a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), ya que no se había asegurado la debida consulta a los pueblos originarios del lugar.

Asumiendo que las barreras de entrada que actualmente enfrentan los proyectos ERNC en Chile se irán despejando, éstos proliferarán alcanzando mayores cuotas del mercado eléctrico. Sin embargo, la experiencia internacional indica que es muy probable que esta propagación traerá consigo un aumento de los conflictos socio-ambientales asociados a los mismos proyectos (Wolsink, 2010). De este modo, para que el avance de la electricidad ERNC en Chile se concrete, no basta con la implementación de instrumentos de política que aborden las barreras de entrada de tipo regulatorio y financiero. También requiere de procedimientos que permitan resolver los conflictos asociados a la oposición local que los proyectos ERNC suscitan.

Para lo anterior es conveniente comprender que gran parte del origen de estos conflictos proviene de la desigual distribución geográfica de los beneficios y costos de un proyecto de estas características (Wolsink, 2010). Si bien éste presenta importantes beneficios ambientales y energéticos para una gran población geográficamente dispersa, también significa una concentración importante de costos económicos, sociales y ambientales para la comunidad que lo alberga. Así, a pesar de que desde una perspectiva nacional emplazar un proyecto ERNC es un avance, desde un punto de vista local puede convertirse en una carga o un retroceso social.

Ante este escenario, la justicia ambiental permite hacer frente a estos problemas dentro de un marco que contemple tanto los efectos distributivos de los impactos ambientales como las necesidades de participación y de reconocimiento de las comunidades afectadas. Bajo este punto de vista, los proyectos ERNC, al igual que los convencionales, deben, no sólo convencer acerca de sus bondades ambientales, técnicas e incluso económicas, sino,

además, someterse a las exigencias sociales para superar el denominado test de justicia ambiental.

Sin perjuicio de la importancia del concepto de justicia ambiental, reconocemos en nuestro país, un “Orden Constitucional Sustantivo”, que debe ser respetado y promovido. Este orden constitucional sustantivo, sienta las bases para las sucesivas actualizaciones que requerirá nuestro ordenamiento jurídico ambiental.

Nos parece indudable, que se debe avanzar en la consagración del principio de igualdad ante la ley, por las disposiciones ya expuestas. En tal sentido, la Constitución aspira a la realización efectiva de estos valores (artículo 6 inciso 2º), que reconocen como centro de su marco axiológico a personas dignas, libres e iguales (artículo 1º inciso 1º) a cuyo servicio se encuentran todos los órganos del Estado (artículo 1 inciso 4º), los cuales están sujetos al deber de crear dichas condiciones que permitan la cohesión social bajo la idea de la integración armónica de todos los sectores de la Nación

Por justicia ambiental se entiende, grosso modo, la distribución equitativa de las cargas y beneficios ambientales entre todas las personas de la sociedad, considerando en dicha distribución el reconocimiento de la situación comunitaria y de las capacidades de tales personas y su participación en la adopción de las decisiones que los afectan (Hervé, 2010a). Sin embargo, es necesario aclarar que la justicia ambiental va más allá de la necesidad de distribuir las cargas ambientales, pues lo que exige, en el fondo, es que estas cargas no se impongan en niveles intolerables. En otras palabras, como señala Hill (2009: 4), “lo que está últimamente en juego en el debate de la justicia ambiental es la calidad de vida de las personas. El objetivo es misma o igual protección, no igual contaminación”.

La distribución de las cargas ambientales así como de los beneficios que el medio ambiente brinda, constituyen, en realidad, es una materia a dilucidar, propia de lo que se entiende por “justicia distributiva”. Esta pregunta tiene cada vez más relevancia en la medida que los bienes ambientales son más escasos y las posibilidades de cargas e impactos sobre los mismos son, por otro lado, cada vez mayores (Shrader-Frechette, 2002). Junto al elemento distributivo, la justicia ambiental presta también particular atención a la justicia participativa, la que está dirigida a garantizar que las consecuencias de una determinada actividad sean el resultado de la participación deliberativa de todos los afectados por ella. Por lo tanto, mientras el déficit distributivo de las cargas y beneficios es una consecuencia, la participación es un problema previo que podría estar entre las causas de la futura discriminación, si no se tuvo debidamente en cuenta.

El desafío institucional en esta materia es enorme para Chile, principalmente debido a que el marco normativo ambiental, que regula tanto los proyectos de electricidad ERNC como el resto de los proyectos ambientalmente significativos, no se hace cargo de estos aspectos. Como explica Hervé (2010b), sin perjuicio de que la normativa ambiental en Chile se ha desarrollado progresivamente a lo largo de las dos últimas décadas, las consideraciones distributivas, y, en menor medida, también las participativas, no se encuentran debidamente consagradas y aseguradas.

De acuerdo con la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, todo proyecto enumerado en el artículo 10 de la Ley debe necesariamente someterse al SEIA, mediante una declaración de impacto ambiental (DIA) o a través de un estudio de impacto ambiental (EIA). Por regla general el SEIA aprobará el proyecto sujeto a medidas de mitigación y compensación ambiental que determine la autoridad. Sin embargo, una vez mitigados y compensados los impactos ambientales, hay escasa consideración acerca de la distribución de los mismos, los que frecuentemente recaen en su mayoría en las comunidades más pobres y vulnerables.³³ En este sentido, parece apropiado revisar el SEIA, de manera que sea posible incorporar de manera explícita la equidad en la distribución de las cargas y beneficios ambientales.

Fuera del marco regulatorio ambiental general, aquel que regula las ERNC tampoco contiene exigencias dirigidas a obtener resultados justos desde el punto de vista socio-ambiental. La Ley 20.257 que promueve el uso de ERNC mediante un sistema de cuotas, si bien supuso un salto en la materia, no se ocupa de cuestiones distributivas. Puede ser que no sea ése el cuerpo legal adecuado de hacerlo, pero en los hechos ocurre que los proyectos de ERNC han comenzado a enfrentar también la oposición de las comunidades afectadas, ya sea por la competencia por el uso del suelo, o por desoír las demandas de comunidades aledañas, en particular las comunidades indígenas.

Para suplir estas falencias, tanto para los proyectos ERNC como para los tradicionales, un instrumento que podría ser de mucha utilidad es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). La EAE consiste en “aplicar los principios de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a políticas gubernamentales (ambientales y no ambientales), planes (sectoriales y territoriales) y programas de acción” (Clark, 1997: 1), de modo de evaluar ambientalmente actividades que se sitúan por sobre el nivel de proyectos individuales de inversión.

En efecto, la sumisión de políticas, planes y programas energéticos a una EAE puede impedir la generación de impactos ambientales inequitativos al velar “por la participación y el reconocimiento de la situación particular de ciertas comunidades” (Hervé, 2010a: 33). Más específicamente, siguiendo a Hervé (2010a: 34), la EAE puede hacerse cargo de la justicia ambiental del sector eléctrico por medio de la evaluación de políticas, planes y programas energéticos que “generen riesgos o impactos sobre comunidades que constituyen minorías étnicas y sobre comunidades de bajos ingresos” y que “impliquen la concentración de actividades contaminantes en una zona determinada”.

Dentro de las distintas tipos vulneraciones y falta de aplicación de preceptos constitucionales, así como falta de aplicación del concepto de justicia ambiental, podemos recurrir al autor norteamericano, Bunyan Bryant, al analizar el fenómeno de las actuaciones del Estado frente al medio ambiente y la ciudadanía, distingue entre “racismo

³³ Ver los Capítulos de Medio Ambiente del Informe de Derechos Humanos de la Universidad Diego Portales, años 2007 a 2011, en donde se aborda el tema de la justicia ambiental en sus dos dimensiones, distributiva y participativa.

ambiental", "equidad ambiental" y "justicia ambiental". La primera acepción consiste en la decisión deliberada de situar a ciertos grupos en lugares cuyo uso no es deseado, llevando a una exposición desproporcionada de estos grupos a riesgos ambientales. La segunda, por su parte, consiste en la igual protección de las personas por parte de la legislación ambiental, y la tercera, esto es, la "justicia ambiental" propiamente tal, supone (según dicho autor) que todos tengan acceso a vecindarios seguros y limpios, trabajos adecuados, escuelas de buena calidad y comunidades sustentables.

Sin duda, este último concepto parece una meta totalmente deseable y practicable para nuestro país, y a la vez abre la oportunidad de demostrar que es posible un equilibrio adecuado entre desarrollo económico, particularmente energético, y cuidado medio del medio ambiente en Chile y Latinoamérica.

Creemos que a pesar de quedar grandes tareas pendientes, el avance realizado en los últimos años en Chile y el mundo permite configurar cierto optimismo en la materia, que bien abordado por el gobierno, privados y la sociedad civil, puede configurar un avance significativo para el sector energético chileno.

En este sentido, esperamos haber alcanzado el objetivo principal de esta investigación, a saber: analizar la regulación nacional e internacional, relativa a las ERNC, en el contexto del cambio climático, sus obstáculos y oportunidades, y las principales políticas que pueden contribuir a la superación de estas barreras, y construir el país que todos anhelamos.

8. Bibliografía

- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE), 2015. Perspectivas de la energía en el mundo, WEO-2015. Paris, Francia.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE).2015b. Seguimiento del progreso de las energías renovables”. Paris, Francia.
- AGENCIA CHILENA DE EFICIENCIA ENERGETICA (ACEE). 2014. Reporte 2014 de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Santiago, Chile.
- AHUJA, D. y TATSUTANI, M. 2009. Sustainable energy for developing countries. *S.A.P.I.E.N.S 2* (1): 1-16.
- ACERA .2013. Beneficios Económicos de Energías Renovables No Convencionales en Chile. Santiago, Chile.
- ACUÑA, H. y SCOTT, D. (2008). Evaluation of the potential of wave energy in Chile”. 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, ASME, Estoril,Portugal.
- AKELLA, A. K., SAINI, R. P. y SHARMA, M. P. 2009. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy* 34 (2): 390–396.
- APEC, 2009. Revisión de expertos sobre la eficiencia energética en Chile. Borrador del Informe Final, APEC.
- AQUATERRA.2014.”Recomendaciones para la estrategia de energía marina de Chile: Un plan de acción para su desarrollo”. Santiago, Chile.
- AZUELA, G. y BARROSO, L. 2011. Design and Performance of Policy Instruments to Promote the Development of Renewable Energy: Emerging Experience in Selected Developing Countries. Energy and Mining Sector Board Discussion Paper N° 22, World Bank.
- BANCO MUNDIAL, 2015. “Desarrollo del Mercado de ERNC según la variación del precio de los combustibles”. Santiago, Chile.

- BARRIGA, F. 2009. Renewable Energy Policies in Latin America: The Role of the State. A thesis submitted in fulfilment for the degree of Master of Advanced International Studies. The Diplomatic Academy of Vienna. Universität Wien.
- BAS,F y ROBLES,C.2015. Desarrollo del Mercado de las ERNC según la variación de los precios de los combustibles”. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- BECK, F. y MARTINOT, E. 2004. Renewable Energy Policies and Barriers. En Cleveland, C. (ed.) *Encyclopedia of Energy*. San Diego, Academic Press/Elsevier Science: 365-383.
- BELLANTUONO, G. 2010. Comparing Regulatory Decision-Making in the Energy Sector. *Comparative Law Review* 1 (2): 1-63.
- BERR, 2008. UK Environmental Transformation Fund – Strategy. URN 08/827. Londres, Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform.
- BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE, 2016. 2015: League Tables: Clean Energy and Energy Smart Technologies. Londres, Inglaterra.
- BIBLIOTECA CONGRESO NACIONAL, 2016. Ley 20.571. Valparaíso, Chile.
- BIEGLER, T. 2009. The Hidden Costs of Electricity: Externalities of Power Generation in Australia. Parkville, Victoria, The Australian Academy of Technological Sciences and Engineering (ATSE).
- BIRD,L; MNCLAREN,J.; HETTER,J.2013. Regulatory Considerations Associated with the expanded adopting of Distributing solar.
- BJORK, I., CONNORS, C., WELCH, T., SHAW, D. y HEWITT, W. 2011. Encouraging renewable energy development: a handbook for international energy regulators. Washington, DC, National Association of Regulatory Utility Commissioners (NARUC).
- BORREGAARD, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Quito, Fundación Futuro Latinoamericano. }
- BROWN, M. A., CHANDLER, J., LAPSA, M. V. y SOVACOOOL, B. K. 2007. Carbon Lock-In: Barriers to Deploying Climate Change Mitigation Technologies. ORNL/TM-2007/124. Oak Ridge, TN, Oak Ridge National Laboratory.

- BUSTOS, M. 2002. Impactos ambientales de la producción de electricidad: Estudio comparativo de ocho tecnologías de generación eléctrica. Madrid, Asociación de Productores de Energía Renovables.
- CALDERON, Juan Francisco. 2015 Beneficios Económicos y Sociales ERNC. Universidad de Extremadura. Extremadura, España.
- CEIM, 2001. La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas. Madrid, Confederación Empresarial de Madrid y Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.
- CER. Centro de Energías Renovables. 2012. Reporte del Centro de Energías Renovables, Mayo 2012. Santiago, Chile.
- CFI, 2008. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad: Plantas de Energía térmica. Corporación Financiera Internacional (CFI), Grupo del Banco Mundial.
- CHILE SUSTENTABLE, 2011. "Análisis de las barreras para el desarrollo de las ERNC". Santiago, Chile.
- CIFES 2015, Reporte mensual de energías renovables no convencionales, diciembre 2015. Santiago, Chile.
- CIFES 2016, Reporte mensual de energías renovables no convencionales, febrero 2016. Santiago, Chile.
- CLARK, B. D. 1997. Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica. Estudios Públicos 65: 1-22. Santiago, Chile.
- CLARO, E. 2011. Barreras a la generación de electricidad ERNC en Chile e instrumentos para superarlas: resultados estudio UDP. Documento preparado para el taller "Un desafío clave para el Chile del siglo XXI: estimular la generación eléctrica en base a energías renovables no convencionales (ERNC)". Universidad Diego Portales. Santiago, Chile.
- CNE, 2016. Reporte Mensual del sector energético, febrero 2016. Santiago, Chile.
- CNE, 2015. Impacto económico de la interconexión del SINC-SING. Santiago, Chile.
- CNE, 2010. Balance de Energía 2010. Comisión Nacional de Energía, Santiago, Chile.

- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía. Santiago, Chile.
- COMISIÓN EUROPEA, 2011. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050. Reporte COM (2011).
- CORFO, 2009. Crédito CORFO Energía Renovable No Convencional (CCERNC). Disponible en: http://www.corfo.cl/lineas_de_apoyo/programas/credito_corfo_energia_renovable_no_convencional_ccernc#20090213111029 [consultado el 20 de febrero del 2016]
- COP 21. Conferencia de las Partes. 2015. Convención marco sobre el Cambio Climático, Paris, Francia: Naciones Unidas.
- CHACON, LUEGE. 2015. "Generación Distribuida Urbana: La Democratización de la Energía". Ciudad de México, México, 2015.
- DE JAGER, D.; Rathmann, M.; Klessmann, C.; Coenraads, R.; Colamónico, C.; Buttazzoni, M. 2011. Financing renewable energy in the European energy market. Available online: http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/2011_financing_renewable.pdf (accessed on 2 January 2011).
- DEL CAMPO, S. 2011. Enfrentando los Desafíos del Sector Energético en el Norte Grande. Charla Inaugural de la conferencia "IX Foro SING". Disponible en: <http://www.forosing.cl/pdf/2011/SERGIODELCAMPO.pdf> (Consultado el 11 de marzo del 2016).
- DEL RÍO, P., CARRILLO-HERMOSILLA, J. y KÖNNÖLA, T. 2010. Policy Strategies to Promote Eco-Innovation: An Integrated Framework. *Journal of Industrial Ecology* 14(4): 541-557.
- DONER, Y. 2007. Barriers to Adoption of Renewable Energy Technology. Institute for Regulatory Policy Studies. Bloomington, Illinois State University.
- DUFEY, A. 2010. Oportunidades y Barreras Domésticas a Las Energías Limpias en Chile. Manitoba, IISD. Santiago, Chile.

- ESTENSSORO, S. 2010. Crisis ambiental y cambio climático en la política global: Un tema crecientemente complejo para América Latina. Talca, Chile: Universum.
- EPA, 2011. Assessing the Multiple Benefits of Clean Energy. A resource for states. Washington, DC. United States of America.
- FMI. Fondo Monetario Internacional. 2015. How Large Are Global Energy Subsidies? Washington D.C, Estados Unidos.
- FOXON, T. 2003. Inducing innovation for a low-carbon future: drivers, barriers and policies. Londres, The Carbon Trust.
- FOXON, T. y Pearson, P. 2008. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: Some features of a sustainable innovation policy regime. *Journal of Cleaner Production* 16 (1-1): 148-161.
- FUNDACIÓN CHILE, 2008. Tendencias tecnológicas y oportunidades para Chile en energías renovables no convencionales. Santiago, Chile: Fundación Chile.
- GALAZ, R. 2007. Análisis de beneficios y barreras para la generación eléctrica con energías renovables no convencionales con posterioridad a la Ley Corta II. En *Energías renovables y generación eléctrica en Chile*. Temas de Desarrollo Humano Sustentable N°13. Santiago, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- GAMMA INGENIEROS, 2004. Evaluación del desempeño operacional y comercial de centrales de cogeneración y estudio del potencial de cogeneración en Chile. Santiago, Chile: Estudios para la Comisión Nacional de Energía.
- GARCÍA, J. y DELGADO, P. 2011. Análisis de barreras para el desarrollo de energías renovables no convencionales. Santiago, Chile: Programa Chile Sustentable.
- GIZ y MINISTERIO DE ENERGIA, 2015. "El Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico de Arica a Chiloé". Santiago, Chile: Ministerio de Energía.
- GOH, A. 2005. Promoting innovation in aid of industrial development: the Singaporean experience. *International Journal of Public Sector Management* 18 (3): 216-240.
- HARCHA, J. 2007. Construyendo la Ley Marco de Eficiencia Energética. En *Programa País de Eficiencia Energética 2006-2007*. Santiago, Chile: Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: 24-25.

- HERVÉ, D. 2010a. Noción y elementos de la justicia ambiental: Directrices para su aplicación en la planificación territorial y en la evaluación ambiental estratégica. *Revista de Derecho (Valdivia)* 23(1): 9-36. Santiago, Chile.
- HERVÉ, D. 2010b. El desarrollo sustentable y la justicia ambiental en la Ley 19.300 y en el proyecto de reforma a la institucionalidad. En *Reforma a la institucionalidad ambiental: antecedentes y fundamentos*. Santiago, Chile: Programa de Derecho y Política Ambiental, Universidad Diego Portales.
- HERRERA, B. 2009. Normativa Chilena referida a Generación Distribuida como Agente del Mercado Eléctrico. Valparaíso. Chile: Escuela de Ingeniería Eléctrica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- HILL, B. 2009. *Environmental Justice: Legal Theory and Practice*. Washington, DC: Environmental Law Institute Press.
- HOLM, D. 2005. Renewable Energy Future for the Developing World. White Paper. Alemania, International Solar Energy Society (ISES).
- HOLT, E., Sumner, J. y Bird, L. 2011. The Role of Renewable Energy Certificates in Developing New Renewable Energy Projects. Technical Report NREL/TP-6A20-51904. Golden, National Renewable Energy Laboratory.
- HOWARTH, N. 2012. Clean Energy Technology and the Role of Non-Carbon Price Based Policy: An Evolutionary Economics Perspective. *European Planning Studies* 20 (5): 871-891.
- IEA, 2011a. 2011 Key World Energy Statistics. París: The International Energy Agency.
- IEA, 2011b. Co-generation and Renewables: Solutions for a low carbon energy future. París: The International Energy Agency.
- IEA, 2009. Chile Energy Policy Review 2009. París, Francia: Organization for Economic Cooperation and Development/International Energy Agency.
- IGLESIAS, R. 2008. Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿tienen sentido? Santiago, Chile: ODEPA, Ministerio de Agricultura.

- INCENTIVOS Y METAS. 2009. Asesoría para el Diseño de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Santiago, Incentivos y Metas. Santiago, Chile.
- IPCC.2011. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
- IRENA.2015. Rethinking Energy: Renewable Energy and Climate Change. Bonn, Germany.
- IRENA.2015. the Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy. Abu Dhabi, United Arab Emirates.
- IRENA.2016. Renewable Energy Benefits: Measuring the Economics. Abu Dhabi, United Arab Emirates
- ITF, 2009. Reducing Transport GHG Emissions: Opportunities and Costs. París, International Transport Forum.
- KAUTTO, N. 2005. Analysis of Policy Options and Implementation Measures Promoting Electricity from Renewable Biomass in the European Union. MSc Thesis of Environmental Sciences. University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science.
- Kellett, J. Renewable energy and the UK planning system. *Plann, Inglaterra, Pract. Res.* 2003, 18, 306–318.
- KOFOED-WIUFF, A., SANDHOLT, K. y MARCUS-MOLLER, C. 2006. Renewable Energy Technology Deployment (RETD) - Barriers, Challenges and Opportunities. París, Francia, International Energy Agency - IEA RETD.
- FRANCISCO, S.S., 2015, *Laudato Si': El cuidado de la casa común*. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, Pontificia Universidad Católica.
- LEYTON, P., PRETCH, A., & Salamanca, C (2011). *Análisis de la Institucionalidad, la Regulación y los Sistemas de Gestión y Ordenamiento del Territorio en Chile*. Santiago de Chile.
- SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES, 2015. Licitación de Suministro 2015_02. Disponible en :<http://www.sec.cl/portal/page? pageid=33,61->

15712& dad=-portal& schema=PORTAL(Consultado el 27 de febrero del 2016).
Santiago, Chile.

SILVA, VILLENA.2014. "Desarrollo de la ERNC en Chile: Desafíos técnicos, regulatorios e institucionales". Santiago, Chile: Espacio Público.

MCKINSEY.2012. Solar Power Darkest before Dawn. Berlín, Alemania.

MALDONADO, P. et. al., 2008. Aporte Potencial de Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica, 2008-2025. Santiago, Programa de Estudios e Investigaciones en Energía del Instituto de Asuntos Públicos de la Universidad de Chile y Núcleo Milenio de Electrónica Industrial y Mecatrónica, Centro de Innovación en Energía de la Universidad Técnica Federico Santa María.

MENDONCA, M. 2007.*Feed-in tariffs: accelerating the deployment of renewable energy*. Londres, Earthscan.

MINISTERIO DE ENERGÍA, 2013. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Santiago, Ministerio de Energía.

MINISTERIO DE ENERGÍA, 2014. Agenda Energía, Un desafío país, progreso para todos. Santiago, Chile, Ministerio de Energía.

MINISTERIO DE ENERGÍA, 2015. Energía 2050 Santiago, Chile, Ministerio de Energía.

MIRZA, U. K., AHMAD, N., HARIJAN, K. y MAJEED, T. 2009. Identifying and addressing barriers to renewable energy development in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (4): 927-931.

MITCHELL C.; Sawin, J.L.; Pokharel, G.R.; Kammen, D.; Wang, Z. 2012. Policy, financing and implementation. Disponible en http://srren.ipccwg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch-11.pdf(Visitado el 22 de febrero del 2016) Geneva 2, Switzerland.

MOHR, R. 2007. Inserción de Generadores de Energía Renovable en Redes de Distribución Tesis para optar al grado de Master en Ciencias de la Ingeniería. Santiago, Chile: Facultad de Ingeniería, PUC. Disponible en : <http://www2.ing.puc.cl/power/-paperspdf/mohr.pdf> (consultado el 17 de diciembre del 2015).

- MORENO CORONADO, TANYA, 2013. Evaluación de externalidades en la generación de energía eléctrica en México. Un mecanismo para promover energía sostenible. España, Universidad de la Rioja.
- NASIROV,J, SILVA.C, AGOSTINI.C. 2015. Investors' Perspectives on Barriers to the Deployment of Renewable Energy Sources in Chile. Santiago, Chile, Universidad Adolfo Ibañez.
- NEUMANN, F. 2009. Del. 2.2: Non-technological Barriers to Wave Energy Implementation. Lisboa, Wave Energy Centre.
- NEMET, G. F. 2009. Demand-pull, technology-push, and government-led incentives for non-incremental technical change. *Research Policy* 38(5): 700-709.
- NICHOLAS LOW, BRENDAN GLESSON, INGEMAR ELANDER, and ROLF LIDSKDOG (Eds.), Consuming Cities: The Urban Environment in the Global Economy After the Rio Declaration(New York: Routledge, 2000).
- NGUYEN, N. T., HA-DUONG, M., TRAN, T. C., SHRESTHA, R. M. y NADAUD, F. 2010. Barriers to the adoption of renewable and energy-efficient technologies in the Vietnamese power sector. WorkingPaper N° 18-2010. Francia, Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Economico. 2013. Estudios económicos de la OCDE sobre Chile. Santiago, Chile.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Economico.2004. "Empleo y medio ambiente: una evaluación".Paris, Francia.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Economico 2011. Hacia el crecimiento verde: Un resumen para los diseñadores de políticas. Paris, Francia.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Economico. 2015, Informe Económico de Chile 2015. Santiago, Chile.
- OECD. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Economico. 2010. Interim Report of the Green Growth Strategy: Implementing our commitment for a sustainable future. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level. 27-28 May 2010.

- OCKWELL, D. 2008. Energy and economic growth: Grounding our understanding in physical reality. *Energy Policy* 36 (12): 4600-4604.
- OCKWELL, D., WATSON, J., MACKERRON, G., PAL, P., YAMIN, F., VASUDEVAN, N. y MOHANTY, P. 2007. UK-India Collaboration to Identify the Barriers to the Transfer of Low Carbon Energy Technology. Londres, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- OLADE. Organización Latino Americana de Energía Renovable; UNIDO. Organización de Desarrollo industrial de las Naciones Unidas; Observatorio de energía renovable de Latinoamerica y del Caribe. Chile, Final Report, Component 3: Financial Mechanism.
- OPEP. Organización Países Exportadores de Petroleo. 2016. Monthly Oil Market Report. Viena, Austria.
- ORTIZ J, 2015. Tesis de doctorado: “La contribución de las energías renovables al desarrollo económico, social y ambiental”. Extremadura, España: Universidad de Extremadura.
- O’RYAN, R., DÍAZ, M. y CLERC, J. 2009. Consumo de Energía y Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chile 2007-2030 y Opciones de Mitigación. Santiago, Programa de Gestión y Economía Ambiental, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- OWEN. 2006. Renewable energy: Externality costs as market barriers. *Renewable Energy* 24 (1): 73-89.
- PARTHAN, B., BACHHIESL, U. y STGLER, H. 2009. Barrier removal of renewable energy and energy efficiency projects: lessons from developing countries. En 6th International Energy conference, Technical University of Vienna, Vienna, February 11-13, 2009.
- PAINULY, J. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. *Renew. Energy* 2001, 24, 73-89.
- PNUMA, OIT y CSI, 2008. 87“Empleos verdes: hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono”. Washington D.C, Estados Unidos de América.
- PEGELS, A. 2010. Renewable energy in South Africa: Potentials, barriers and options for support. *Energy Policy* 38 (9): 4945-4954.

- PHILIBERT, C. 2006. Barriers to Technology Diffusion: The Case of Solar Thermal Technologies. COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2006)9. París, OECD/IEA.
- PNUMA, 2011. Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas. Disponible en:<www.unep.org/greeneconomy>(consultado el 12 de diciembre del 2015).
- PNUMA, 2010. Elementos de carácter general que pueden ser utilizados por los Ministros y Jefes de Delegación para el Intercambio sobre Economía Verde. XVII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá 26 al 30 de abril de 2010.
- PORKAR, S. y otros tres autores, A novel optimal distribution system planning framework implementing distributed generation in a deregulated electricity market. *Electric Power Systems Research*, 80(7), pp.828837 (2010).
- PRIEN, 2008a. Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores. Santiago, Chile: Programa de Estudios e Investigaciones en Energía -Universidad de Chile, PRIEN-UCH.
- PRIEN, 2008b. Aporte potencial de energías renovables no convencionales y eficiencia energética a la matriz eléctrica, 2008-2025. Santiago, Chile: Programa de Estudios e Investigaciones en Energía -Universidad de Chile, PRIEN-UCH.
- PUEYO, A., GARCÍA, R., MENDILUCE, M. y MORALES, D. 2011. The role of technology transfer for the development of a local wind component industry in Chile. Santiago, Chile: *Energy Policy* 39 (7): 4274-4283.
- REEEP, 2009. Energías renovables: diagnóstico, barreras y propuestas. Buenos Aires, REEP, Secretaría de Energía & Fundación Bariloche.
- REN21. Renewable Energy Policy Network. 2011. Renewables 2011 Global Status Report. París, REN21 Secretariat.
- REN 21. Renewable Energy Policy Network. 2015, Renewables 2015 Global Status Report. París, REN21 Secretariat.
- ROBLES, M. 2009. El sector de energías renovables no convencionales en Chile. Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), Oficina Económica y Comercial de España en Santiago de Chile.

- ROMERO,H, ITURRIAGA,J, ASTORGA, E., TRAUB, W. GONZALES,C.; CEA,D. 2015. "Levantamiento de antecedentes para apoyar el diseño de un proyecto de ley de asociatividad". Santiago, Chile, Universidad de Chile.
- RUNNALLS, D. 2011. Environment and Economy: joined at the hip or just strange bedfellows? *S.A.P.I.E.N.S* 4 (2): 1-10.
- SÁENZ DE MIERA, G. 2007. La regulación, clave para el desarrollo de las energías renovables. *Economía Industrial* 365: 163-177.
- SANDER, H. 2011. What Can Be Learned from "Green Growth Diagnostics" for Greening the Growth Path of China? - Conceptual Issues and Industry Evidence. Working Paper No. 2011/23. Maastricht School of Management.
- SANTANA, C. 2011. Elementos para el diseño de políticas de fomento a las Energías Renovables No Convencionales en Chile. Documento preparado para el taller "Un desafío clave para el Chile del siglo XXI: estimular la generación eléctrica en base a energías renovables no convencionales (ERNC)". 5 de Agosto de 2011, Facultad de Derecho UDP.
- SANTIAGO CONSULTORES, 2005. Identificación, Evaluación y Propuestas de Medidas e Instrumentos de Eficiencia Energética, para los distintos Sectores de Consumo del País. Informe Final Definitivo. Santiago, Chile: Santiago Consultores.
- SAROKIN, D. & SCHULKIN, J. (1994). Environmental Justice: Co-evolution of Environmental Concerns and Social Justice. *The Environmentalist*, 14(2), 121-129.
- SHRADER-FRECHETTE, K. 2002. *Environmental Justice: Creating Equality, Reclaiming Democracy*. Oxford, Oxford University Press.
- SILVA, C. y VILLENA, M. 2015. Desarrollo de la ERNC en Chile: Desafíos técnicos, regulatorios e institucionales". Santiago, Chile.
- SOVACOOOL, B.K. The cultural barriers to renewable energy and energy efficiency in the United States. *Technol. Soc.* 2009, 31, 365-373.
- STERN, N. 2006. *The Stern Review on the Economics of Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- STEWART-RATTRAY, R. 2009. Encouraging renewable energy in Australia in the electricity sector: A purely market based approach or a mix of policy measures? Institute of Environmental Studies. Sydney, University of New South Wales.

- STANGELAND, A., 2007. The Potential and Barriers for Renewable Energy. *Scenario: 1-12*.
- SYSTEP, 2009. Introducción de la eficiencia energética a través de incentivos a las empresas distribuidoras. Informe Final para la CNE. Santiago, Chile.
- SYSTEP, 2015, Reporte Mensual Sector Eléctrico. Volúmen 8 (n° 3), marzo 2015. pp 2.
- SUSTAINABLE ENERGY FOR ALL. 2015. "Progress toward sustainable energy 2015". Washington DC. Estados Unidos.
- THORSTENSEN, L., CHEN, J. y MCHUGH, P. 2011. Powering Up: State Assets & Barriers to Renewable Energy Growth. A Survey of Economic Development Leaders. Washington, DC, International Economic Development Council.
- TOMAN, M. 2012. "Green Growth": An Exploratory Review. Policy Research Working Paper 6067. Environment and Energy Team, Development Research Group, The World Bank.
- TOWERS, J. 2000. "The concept of environment justice: Hazardous Wastes, Industrial Disasters, and Environmental. Nueva York, Estado Unidos: Macmillan.
- TURKENBURG, W. C. 2002. The innovation chain: policies to promote energy innovations. En Johansson, T. B. y Goldemberg, J. (eds.) *Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda*. New York, UNDP: 137-172.
- UDDIN, S. N., TAPLIN, R. y YU, X. 2010. Towards a sustainable energy future - exploring current barriers and potential solutions in Thailand. *Environment, Development and Sustainability* 12 (1): 63-87.
- VARGAS, L. 2010. Generación de energía con fuentes renovables: 12-13. Santiago, Chile.
- VALENTINE, S. V. 2010. A STEP toward understanding wind power development policy barriers in advanced economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (9): 2796-2807.
- VAN ALPHEN, K., KUNZ, H.S. y HEKKERT, M. P. 2008. Policy measures to promote the widespread utilization of renewable energy technologies for electricity generation in the Maldives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12(7): 1959-1973.

- VAN DIJK, A., BEURSKENS, L., BOOTS, M., KAAL, M., DE LANGE, T., VANSAMBEEK, E. y UYTERLINDE, M. 2003. Renewable Energy Policies and Market Developments. ECNEnergy Research Centre of the Netherlands, ECNC03-029.
- VERBRUGGEN, A., FISCHEDICK, W., MOOMAW, T., WEIR, A., NADAĬ, L. J., NILSSON, J., NYBOER, J. y SATHAYE, J. 2010. Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy Policy* 38 (2): 850-861.
- VILLAGRA, C. 2011. Análisis de apreciaciones sobre las barreras de entrada que dificultan el desarrollo de la electricidad en base a energías renovables no convencionales en Chile y las políticas públicas para superarlas. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Santiago, Chile: Universidad Diego Portales.
- WOLSINK, M. 2010. Contested environmental policy infrastructure: Social-political acceptance of renewable energy, water, and waste facilities. *Environmental Impact Assessment Review* 30(5): 302-311.
- WOLSINK, M. Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of “backyard motives”. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2007, 11, 1188–1207.
- YANG, C., WILLIAMS, E. y MONAST, J. 2008. Wind Power: Barriers and Policy Solutions. Nicholas School of the Environment at Duke University, Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Center on Global Change. CCPP 08-tp2.
- ZOELNNER, J.; Schweizer-Ries, P.; Wemheuer, C. Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany. *Energy Policy* 2008, 36, 4136–4141.
- ZOGRAFAKIS, N.; Sifaki, E.; Pagalou, M.; Nikitaki, G.; Psarakis, V.; Tsagarakis, K. Assessment of public acceptance and willingness to pay for renewable energy sources in Crete. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2009, 14, 1088–1095.