



Konrad
Adenauer
Stiftung

50 AÑOS DE COOPERACIÓN EN TODO EL MUNDO

SERIE DE ESTUDIOS

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC) EN LA MATRIZ ELÉCTRICA DE CHILE



Edmundo Claro
Juan Pablo Arístegui
Esteban Tomic

No. 7

Chile 2012

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.

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 Nercaseaux 2381
Providencia
Santiago de Chile

Tel: 0056-2-234 20 89
E-Mail: fkachile@kas.de
Página web: www.kas.de/chile

Índice

Resumen ejecutivo	5
1. Introducción	7
2. Marco conceptual	8
2.1. Desarrollo sustentable, economía verde y electricidad ERNC	8
2.2. Impulsores del desarrollo de la electricidad ERNC	9
2.2.1 Objetivos ambientales	10
2.2.2 Objetivos sociales	10
2.2.3 Objetivos económicos	11
2.3. Participación de la energía renovable a nivel internacional	11
2.4. Barreras de entrada a la electricidad ERNC	14
2.4.1. Barreras de tipo empuje tecnológico	17
2.4.2. Barreras de tipo arrastre de mercado	18
3. La situación nacional	19
3.1. Impulsores específicos de la electricidad ERNC en Chile	19
3.1.1. Potencial de electricidad ERNC	19
3.1.2. Evolución de precios de la electricidad y maduración tecnológica ERNC	20
3.2. Fomento a la electricidad ERNC en Chile	22
3.2.1. Antecedentes	22
3.2.2 Marco regulatorio	23
3.2.3 Instrumentos de fomento a la inversión	24
3.3. Participación de la electricidad ERNC en Chile	25
3.4. Barreras a la electricidad ERNC en Chile	30
3.4.1. Barreras de tipo empuje tecnológico	30
3.4.2. Barreras de tipo arrastre de mercado	32
3.5. La eficiencia energética en Chile y las ERNC	34
3.5.1. La eficiencia energética	34
3.5.2. La eficiencia energética en Chile	35
3.5.3. Potencial de la EE para abastecer el SIC	36
3.5.4. La cogeneración y las energías renovables	37

4. Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad ERNC	37
4.1. Instrumentos de tipo empuje tecnológico	38
4.1.1 Financiamiento público directo para la innovación tecnológica	38
4.1.2 Estimulación de redes y asociaciones de desarrollo colaborativas	38
4.1.3 Educación y capacitación	39
4.1.4 Transferencia tecnológica	39
4.1.5 Provisión de capital de riesgo	39
4.2. Instrumentos de tipo arrastre de mercado	39
4.2.1. Estándares de portafolios de renovables	39
4.2.2. Sistemas de primas	40
4.2.3. Precio a las emisiones de CO2	40
4.3. Instrumentos de política para superar las barreras a la electricidad ERNC en Chile	40
5. Discusión y conclusiones	44
5.1. Aspectos generales	44
5.2. La importancia de superar la escasez de capital de riesgo	45
5.3. La importancia de ponerle precio a las emisiones de CO2	45
5.4. La “Estrategia Nacional de Energía 2012-2030” y el fomento de la electricidad ERNC	46
6. Reflexión final: la justicia en la evaluación ambiental	47
7. Bibliografía	51

Resumen ejecutivo

El concepto de la economía verde está atrayendo creciente atención a nivel tanto internacional como nacional para lograr el desarrollo sustentable. 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. En el caso chileno, este objetivo presenta enormes desafíos, siendo uno de los principales el avanzar hacia una economía baja en emisiones de CO₂. Esto se debe a su alta utilización de combustibles fósiles, los que abastecen casi la totalidad del transporte y más de la mitad de la demanda eléctrica del país.

Así, concentrándonos en el sector eléctrico, uno de los principales caminos para avanzar hacia una economía más verde corresponde a 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 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, 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.

De este modo, se sugiere que para fomentar la electricidad ERNC en Chile es necesario avanzar al menos en los siguientes dos frentes. 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 Estado 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.

Finalmente, es relevante notar que 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 la electricidad ERNC avance 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 beneficios y costos de los proyectos ERNC (mientras los primeros recaen en una gran población geográficamente dispersa, los segundos se concentran en la comunidad que lo alberga).

Para abordar este desafío es necesario introducir criterios de justicia ambiental en los procesos evaluativos y participativos de los proyectos ERNC. Sin embargo, 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), la que aplica los principios de evaluación ambiental de proyectos individuales a políticas, planes e iniciativas.

1. Introducción

El concepto de la economía verde está atrayendo creciente atención a nivel tanto internacional como nacional como una herramienta para lograr el desarrollo sustentable. De acuerdo con PNUMA, ésta apunta a un doble propósito: aumentar el bienestar de las personas y la equidad, y reducir los riesgos ambientales y ecológicos. Más específicamente, 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, una de los principales caminos de la economía verde corresponde a desacoplar el crecimiento económico del uso de energías fósiles (Ockwell, 2008). Debido a que aproximadamente el 75% del abastecimiento energético nacional depende de estas energías, lo anterior presenta un enorme desafío para Chile. En efecto, mientras casi la totalidad del transporte es impulsado por petróleo, más de la mitad de la electricidad proviene de combustibles fósiles.

Concentrándonos en el sector eléctrico, este desafío se ve potenciado 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).¹

Así, 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 las fuentes con bajas emisiones de CO₂ comprenden las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), 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.

A pesar de que la electricidad ERNC ha experimentado un importante crecimiento durante los últimos años en Chile (en el último año han ingresado a calificación ambiental proyectos ERNC por un total de 1310 MW, Reporte CER mayo 2012) 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. En efecto, durante los últimos años se han desarrollado varios estudios destinados a identificar las barreras que dificultan el desarrollo de la electricidad de fuente ERNC en Chile y los instrumentos para superarlas.

¹ El esperado crecimiento de las emisiones de CO₂ del sector eléctrico se debe principalmente al inevitable aumento del carbón como fuente generadora de electricidad en Chile. De hecho, se espera 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 alcanzará aproximadamente el 60% (O’Ryan, Díaz y Clerc, 2009). Esto no sólo implicará un fuerte crecimiento en las emisiones de CO₂ totales de Chile, sino que profundizará significativamente la huella de carbono de todos los sectores productivos nacionales que usan la electricidad como fuente energética.

En función de estos antecedentes, el objetivo general de este estudio es ofrecer una visión general de la electricidad ERNC en Chile. Más específicamente, el estudio persigue ilustrar acerca del sector eléctrico chileno, el fomento de la electricidad ERNC, su relación con la Economía Verde (EV), las barreras que enfrenta y las políticas requeridas para superarlas.

Este documento recoge, en lo medular, lo contenido en el Proyecto Estratégico Bicentenario de la Universidad Diego Portales “Un desafío clave para el Chile del siglo XXI: estimular la generación eléctrica en base a Energías Renovables no Convencionales (ERNC)”, desarrollado por el Centro de Energía y Desarrollo Sustentable y el Programa de Derecho y Política Ambiental, ambos de dicha casa de estudios.

2. Marco conceptual

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

Luego de la crisis financiera global de 2008 se han publicado una diversidad de libros y artículos acerca de la necesidad de reformar el sistema financiero internacional de modo que sea más resistente a los períodos de aprietos económicos. 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 las palabras de 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 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) sobre “economía verde” (PNUMA, 2011) y el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) sobre “crecimiento verde” (OECD, 2011).

PNUMA (2011: 1) 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”, 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, 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 es su planteamiento de complemento y no de reemplazo del desarrollo sustentable. En efecto, mientras PNUMA (2011: 1) señala que “el concepto de “economía verde” no sustituye” al de desarrollo sustentable, OCDE (2011: 5) expresa que el “crecimiento verde no se concibió como un reemplazo del desarrollo sostenible”. Más precisamente, estos enfoques se plantean como agendas de política concentradas en la operación de la economía de modo que su crecimiento sea compatible con la sustentabilidad ambiental (Toman, 2012).

De mayor relevancia para este trabajo, ambos enfoques enfáticamente proponen 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, 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”.

2.2. Impulsores del desarrollo de la electricidad ERNC

Aparte de las recomendaciones surgidas en los foros internacionales sobre economía y crecimiento verde, existen razones más específicas para apoyar la electricidad ERNC. Más concretamente la electricidad ERNC es promovida por su contribución al logro de objetivos ambientales, sociales y económicos (IPCC, 2011). De acuerdo con una revisión de la literatura internacional, la Tabla 2.1 distingue seis impulsores de la electricidad ERNC a nivel nacional en función del principal objetivo que ayudan a alcanzar:

Tabla 2.1.
Impulsores de la electricidad ERNC a nivel nacional

OBJETIVOS	IMPULSORES
Ambientales	- Menores emisiones de carbono - Mayor protección ambiental local
Sociales	- Mayor acceso a la electricidad de los sectores menos favorecidos - Mejor percepción pública
Económicos	- Mayor seguridad de suministro - Mayor estabilidad de los precios de la electricidad

2.2.1. Objetivos ambientales

- Menores emisiones de CO₂

La generación de electricidad genera aproximadamente el 41% de las emisiones de CO₂ en el mundo (ITF, 2009). Por su parte, cerca del 99% de las emisiones de gases efecto invernadero asociadas a la generación de electricidad provienen de las tecnologías basadas en la combustión de combustibles fósiles (Bustos, 2002). Así, muchos estudios han demostrado que el reemplazo de fuentes de electricidad fósiles por renovables juega un rol preponderante en la mitigación de gases de efecto invernadero a nivel global (Stewart-Ratray, 2009).

- Mayor protección ambiental local

Además, el conjunto de las etapas de apropiación, generación, transmisión y consumo de electricidad es una de las causas más importantes del deterioro ambiental local 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, principalmente debido a que los recursos energéticos renovables son inagotables y dispersos, disminuyendo los requerimientos de transformación y transporte. Además, exceptuando la leña y los residuos madereros, la combustión es inexistente en la electricidad ERNC, aspecto fuertemente relacionado con la contaminación atmosférica local (Bustos, 2002).

2.2.2. Objetivos sociales

- Mayor acceso a la electricidad de los sectores menos favorecidos

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 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 atractivas (Van Dijk et al. 2003).

– Mejor percepción pública

Por su parte, debido a que la percepción pública de los impactos ambientales de la electricidad está aumentando a nivel global (Bjork et al., 2011), la población crecientemente está demandando reemplazar la electricidad convencional (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).

2.2.3. Objetivos económicos

– Mayor seguridad de suministro

La electricidad ERNC conlleva mayor seguridad de suministro que la basada en combustibles fósiles principalmente debido a dos razones (Kofoed-Wiuff, Sandholt y Marcus-Moller, 2006). 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.

– 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 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).

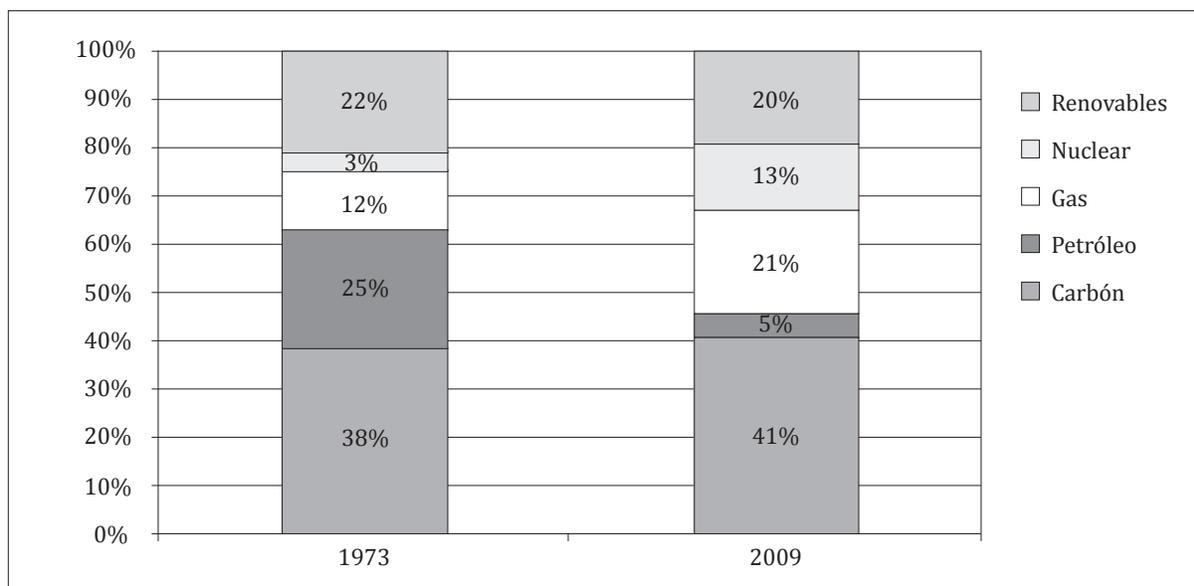
2.3. Participación de la energía renovable a nivel internacional ²

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. Esto redujo la participación del petróleo y permitió el crecimiento de la energía nuclear y el gas entre los años 1973 y 2009.

² Esta sección está parcialmente basada en Claro (2011).

No obstante, la participación del carbón y de la electricidad renovable se ha mantenido relativamente constante a nivel global con un valor cercano al 40% y al 20% respectivamente (ver Figura 2.1).

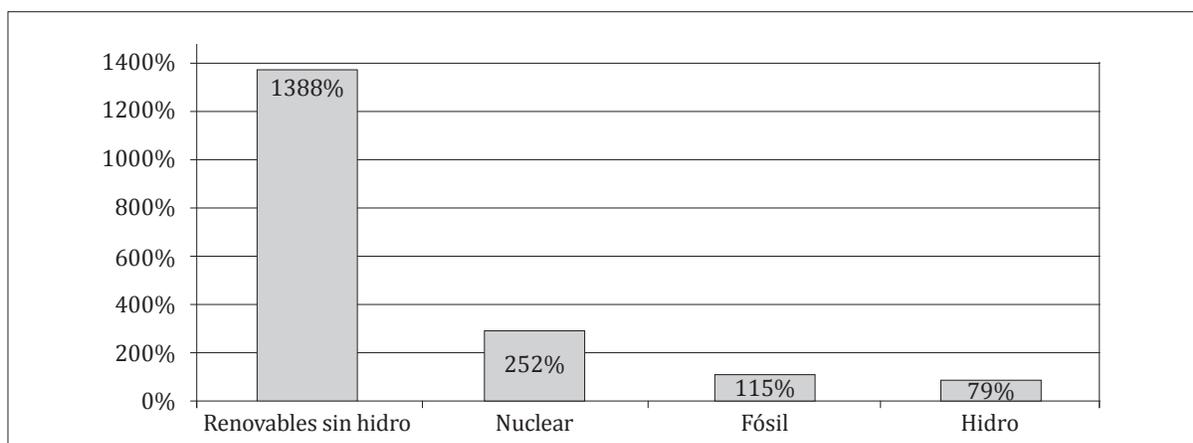
Figura 2.1.
Participación de fuentes en la generación de electricidad global 1973 y 2009



Fuente: elaboración propia en base a IEA (2011a).

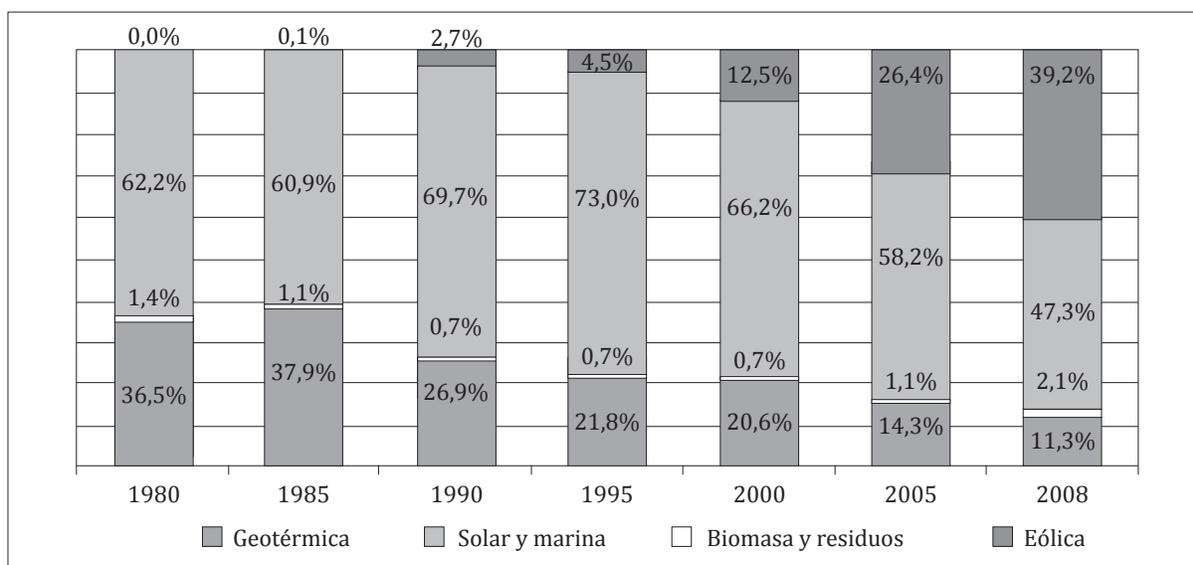
Por su parte, la generación de electricidad renovable ha estado ampliamente dominada por la hidroelectricidad. Sin embargo, la participación del resto de las fuentes renovables ha mostrado un crecimiento constante durante las últimas décadas. En efecto, su crecimiento global entre 1980 y 2008 superó con creces al del resto de las fuentes de electricidad: mientras el crecimiento de la electricidad renovable 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 al 79% (ver Figura 2.2). Mientras la biomasa y la geotermia eran las fuentes renovables sin hidro dominantes al comienzo, la participación de la eólica ha experimentado un aumento significativo desde 1990 en adelante (ver Figura 2.3).

Figura 2.2.
Crecimiento de la generación de electricidad global por fuente 1980-2008



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

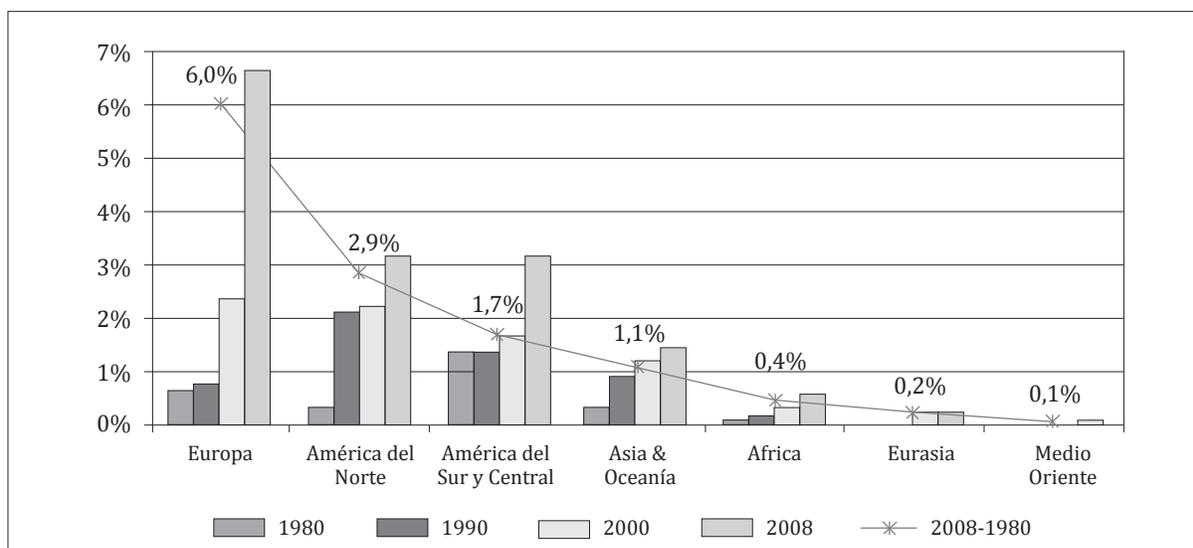
Figura 2.3.
Participación de fuentes en la generación global de electricidad renovable sin hidro 1980-2008



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

Desde una perspectiva regional, Europa presenta el crecimiento más importante en la participación de las fuentes renovables sin hidro, seguida por todas las regiones de América. Mientras Asia y Oceanía presenta un crecimiento incipiente, África, Eurasia y Medio Oriente presentan un bajo crecimiento (ver Figura 2.4). Dentro de Europa, al igual que a nivel global, el aumento de la electricidad eólica ha sido el más significativo desde 1980.

Figura 2.4.
Participación de electricidad renovable sin hidro por región 1980-2008



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

2.4. Barreras de entrada a la electricidad ERNC

A pesar de sus bondades, la electricidad ERNC actualmente proporciona aproximadamente el 3% de la electricidad consumida a nivel global,³ lo que no se corresponde con su potencial técnico y económico (Stangeland, 2007).⁴ La brecha entre el potencial y la participación de la electricidad 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

³ Cálculo en base a <http://www.eia.gov> y <http://www.iea.org/stats>.

⁴ Mientras el potencial técnico corresponde a la generación de electricidad obtenida de la completa implementación de tecnologías renovables no convencionales técnicamente comprobadas, el potencial económico corresponde al potencial técnico que puede ser desarrollado a costos competitivos (Verbruggen et al., 2010).

que dificultan la materialización de proyectos de electricidad ERNC aparentemente costo efectivos (Parthan, Bachhiesl y Stgler, 2009) y que pueden ser superados por medio de instrumentos de apoyo público (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 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 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 2.5.
Etapas en el proceso de innovación tecnológica

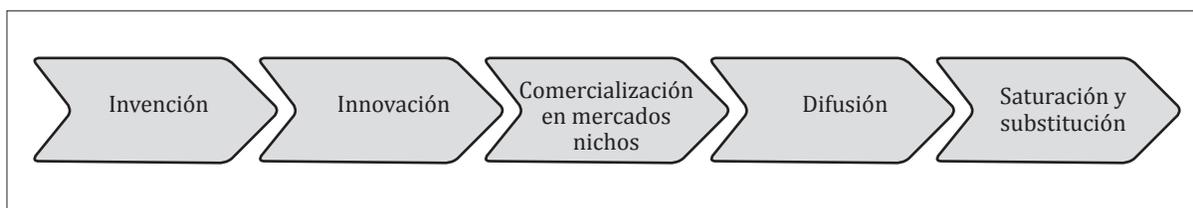


Tabla 2.2.
Etapas en el proceso de innovación tecnológica

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 regulatorio.
Difusión	Adopción de una tecnología por un gran número de usuarios, asociada a producción masiva; estandarización y realización de economías de escala.
Saturación y substitución	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 2.3.
Barreras de entrada a la electricidad ERNC en el proceso de innovación

Tipo de barrera	Empuje tecnológico		Arrastre de mercado	
	Invencción	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 	

2.4.1. 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).

– Limitado acceso al financiamiento

Si bien la electricidad ERNC presenta costos de operación bajos en comparación con los de las fuentes convencionales, sus costos de capital inicial son actualmente, y mientras no existan economías de escala, generalmente mayores. Así, generalmente las inversiones en electricidad ERNC requieren de mayor financiamiento para la misma capacidad de generación. 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).

– 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 electricidad 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.

– Falta de información técnica

Si bien el desarrollo de la electricidad ERNC requiere de acceso a información detallada sobre el potencial físico de las fuentes renovables locales y de las tecnologías requeridas para explotarlas (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).

2.4.2. Barreras de tipo arrastre de mercado

– 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 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).

– 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 la electricidad ERNC (Kautto, 2005). Así, la ausencia de obligaciones en esta materia está asociada a una baja expansión 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 ERNC tiende a aumentar.

– Incertidumbre frente al precio de venta de la electricidad

La carencia de certeza acerca del precio de venta de la electricidad presenta un enorme desafío para los desarrolladores y los inversionistas de proyectos de electricidad ERNC. Si el precio es incierto, también lo son los ingresos y la rentabilidad sobre la inversión. Este riesgo da lugar a un costo más alto de capital, y a un mayor tiempo para que los inversionistas recuperen su inversión (Holt, Sumner y Bird, 2011).

– Dificultad de conexión

Es común que las plantas generadoras de electricidad ERNC se ubiquen de manera atomizada en diversas zonas rurales, ya que así pueden hacer uso de los dispersos recursos energéticos renovables. Esto lleva a que se localicen a gran distancia de las redes de transmisión (Painuly, 2001; Valentine, 2010), implicando la construcción de nuevas, y frecuentemente extensas, líneas de conexión (Bellantuono, 2010). De este modo, es frecuente que la magnitud de los costos asociados a la construcción de estas nuevas infraestructuras hagan comercialmente inviable el desarrollo de estos proyectos (Valentine, 2010).

– 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 son raramente 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 ERNC y haciéndola menos competitiva (Mirza et al., 2009).

3. La situación nacional

3.1. Impulsores específicos de la electricidad ERNC en Chile ⁵

Al igual que en otros países, los impulsores de la electricidad ERNC revisados en la sección 2.2 son en términos generales muy importantes en el caso chileno. Sin embargo, la situación nacional presenta particularidades que permiten destacar la influencia de algunos impulsores específicos, tales como el gran potencial 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.

3.1.1. Potencial de electricidad ERNC

Además de contar con un gran potencial para generar electricidad renovable en centrales hidroeléctricas convencionales, Chile dispone también de un importante potencial para la generación de electricidad en base a fuentes ERNC. Si bien se ha avanzado de manera significativa en los últimos años en la evaluación de dicho potencial, aún falta para contar con una evaluación exhaustiva, entre otras razones por la dificultad asociada a discriminar el tipo de potencial evaluado en las estimaciones hechas a la fecha.

Al respecto, se identifican tres tipos de potenciales: 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 de decenas a centenas de miles de MW, lo que ha permitido sustentar cifras 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.

⁵ Esta sección está basada mayoritariamente en Santana (2011).

Bajo ese 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 geotérmica, los buenos proyectos eólicos, algunas aplicaciones de la biomasa/biogás y pequeñas centrales hidroeléctricas. Además, como se señaló previamente, es probable que la energía solar fotovoltaica llegue a ser competitiva en Chile durante la presente década debido a las excepcionales condiciones de radiación solar presentes en el norte del país (De los proyectos ERNC ingresados a calificación ambiental entre abril 2011 y mayo 2012, el 75% corresponde a proyectos solares y el 23% a proyectos eólicos. Reporte CER, mayo 2012). La siguiente tabla compara la estimación del potencial técnico, realizada por Christian Santana en 2006 y 2011, en ambos casos con la información disponible de diversas fuentes.

Tabla 3.1.

Estimación del potencial técnico para generación eléctrica de las ERNC en Chile (en MW)

Fuente	2006	2011
Geotermia	2.000	2.000 →
Eólica	6.000	¿15.000?
Pequeña hidro	2.600	2.600 →
Biomasa/Biogás	1.000	1.000
Solar		¿100.000 →?
Total	11.600	¿120.600 →?

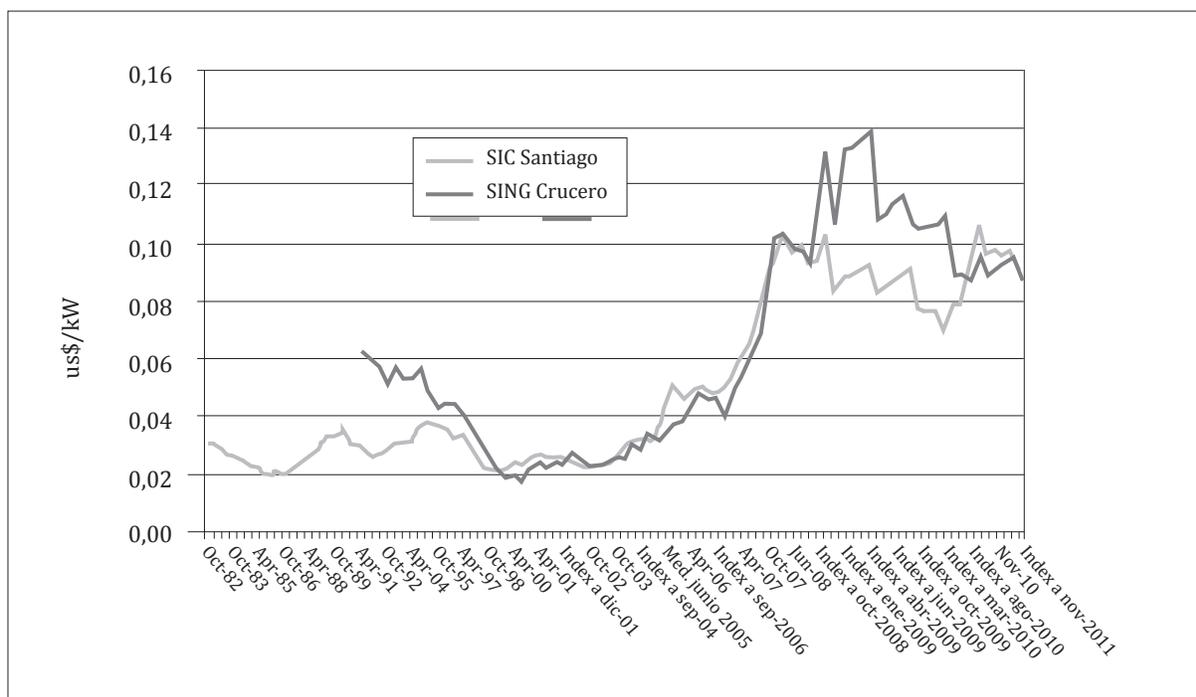
Fuente: Santana (2011).

Por una parte destaca la evolución del conocimiento, en especial para energía 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 del orden de magnitud de la capacidad instalada de generación eléctrica nacional.

3.1.2. Evolución de precios de la electricidad y maduración tecnológica ERNC

La evolución de 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 abril de 2011, expresados como precios de nudo de energía, en los dos principales sistemas eléctricos nacionales.

Figura 3.1.
Precios de nudo de la electricidad 1982–2011 en el SING y el SIC



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

La figura anterior destaca el efecto de la brusca reducción de suministro de gas natural desde Argentina que comenzó durante el 2004. Ello generó un cambio estructural en la oferta de electricidad, con su consecuente aumento de precios. Si bien no es descartable que los precios puedan descender a futuro, es muy poco probable que alcancen los niveles de principios de la década pasada.

Este aumento en los precios ha hecho que las 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, las plantas geotérmicas y las para aprovechar energéticamente la biomasa.

Algo similar ha ocurrido con las tecnologías ERNC que han alcanzado su madurez tecnológica más recientemente luego de décadas de desarrollo, tales como la eólica y la solar fotovoltaica. La competitividad de éstas últimas se ha visto incrementada aún más con la disminución de sus costos de producción y la consolidación de una oferta internacional de proveedores de equipos confiables y con garantías adecuadas.

Otras tecnologías, como la solar termoeléctrica y aquellas para el aprovechamiento de distintas formas de energía de los mares, se encuentran en etapas más atrasadas de maduración. Pese a ello, es probable que en el mediano plazo la energía solar termoeléctrica pueda consolidarse como una tecnología competitiva en Chile.

3.2. Fomento a la electricidad ERNC en Chile

3.2.1. Antecedentes ⁶

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.

No obstante, las restricciones al suministro de gas natural desde Argentina, ocurridas desde 2004 en adelante, y la mayor conciencia de la sociedad sobre los impactos y riesgos ambientales de las distintas actividades económicas, han realzado durante los últimos años los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental. 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 el contexto de una economía globalizada, en el cual las actividades en el mundo son cada vez más interdependientes, con expectativas y exigencias sociales en permanente evolución, los desafíos energéticos ya no se restringen a sus impactos sobre la competitividad sectorial o sobre los servicios individuales que presta, sino que se vinculan con la competitividad global de nuestra economía y su desarrollo social integral. Por ello, dentro de los objetivos globales de la política se valora no sólo la eficiencia técnica y económica, sino también la seguridad, la sustentabilidad y la equidad (CNE, 2008).

Requerimos, en consecuencia, de un abastecimiento energético cuyas fuentes sean limpias, seguras y económicamente eficientes, incorporando los menores costos posibles con miras al crecimiento de los distintos sectores productivos (Ministerio de Energía, 2012).

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:

- *Seguridad de suministro:* diversifican 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. Además, contribuyen a

⁶ Esta sección está basada mayoritariamente en Santana (2011).

mitigar el impacto de las variaciones internacionales de los precios de los combustibles y permiten un desarrollo distribuido geográficamente.

- *Sustentabilidad ambiental:* son menos invasivas en el medio ambiente que las fuentes convencionales de generación eléctrica, producen escasa o nula contaminación atmosférica local, son compatibles o complementarias con otras actividades económicas y contribuyen a mitigar los efectos que el consumo energético mundial está teniendo en el clima del planeta.

La información analizada indica que Chile ha avanzado positivamente en la promoción de la electricidad ERNC durante los últimos años, especialmente por medio de modificaciones legales y la introducción de incentivos específicos. En mayo de 2012 existen proyectos ERNC conectados a la red por un total de 732 MW, destacando la primera planta solar fotovoltaica que comienza a inyectar al SING (Reporte CER). Como señala CNE (2008), “dos han sido las principales líneas de acción emprendidas con ese fin: el perfeccionamiento del marco regulatorio del mercado eléctrico y la implementación de instrumentos de apoyo directo a iniciativas de inversión en ERNC”. A continuación se revisan estos avances.

3.2.2. Marco regulatorio

Durante los últimos años en Chile se han realizado diversos esfuerzos normativos para fomentar el ingreso de las energías ERNC a la matriz eléctrica nacional.⁷ 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.

La Ley 19.940 de marzo de 2004, más conocida como la Ley Corta I, y que modificó la Ley General de Servicios Eléctricos, 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

⁷ 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.

suministrar a los concesionarios de distribución hasta el 5% del total de la demanda destinada a clientes regulados (Mohr, 2007).

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).

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 el 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, en 0,5% anual, hasta llegar al 10% en 2024 (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).

No obstante lo anterior, el Gobierno ha anunciado que en materia de ERNC espera alcanzar una meta de participación en la matriz eléctrica del 20% para el año 2020. De este modo, es necesario no sólo aumentar los porcentajes establecidos en la Ley 20.257 sino que además reducir los plazos ahí contenidos. Actualmente se tramita en el Parlamento una Ley que permitiría alcanzar este objetivo, la que fue aprobada por unanimidad en enero de 2012 en la Sala del Senado y ahora se encuentra en la Comisión de Minería y Energía de la Cámara de Diputados. Aunque existen dudas de que sea posible un crecimiento de esa magnitud en un plazo tan breve, el sólo hecho de que tanto el Gobierno como el Parlamento coincidan en esa aspiración, es una prueba fehaciente de la importancia que se le asigna al crecimiento de las ERNC en Chile. Un hito importante es el “net metering”, creado por la Ley 20.571 de marzo de 2012, que establece incentivos para la descentralización de la generación eléctrica.

3.2.3. 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 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 EIA

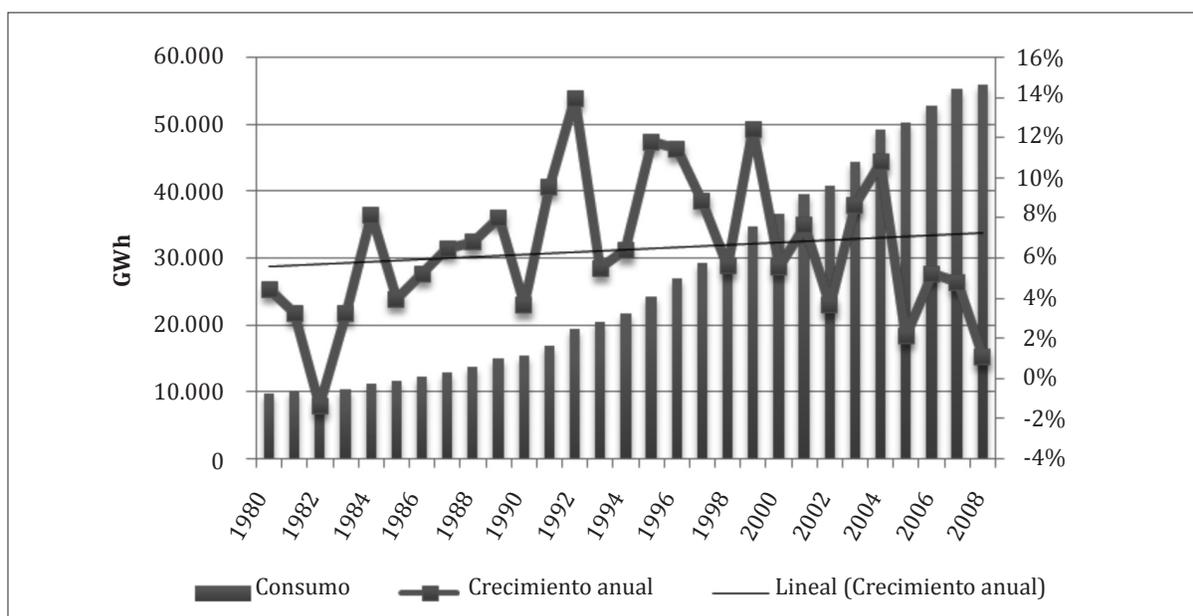
o DIA, entre otros. El cofinanciamiento cubre hasta un 50% del costo total de los estudios, con un límite de hasta el 5% de la inversión estimada, sin sobrepasar los US\$ 160.000 por proyecto evaluado. Además, el proponente debe presentar evidencia para garantizar propiedad del recurso energético (Iglesias,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

El segundo instrumento introducido en 2008 por CORFO es una nueva línea de crédito para ERNC denominado Crédito CORFO Energía Renovable No Convencional (CCERNC). 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).

3.3. Participación de la electricidad ERNC en Chile⁸

Durante las últimas décadas el consumo eléctrico nacional ha experimentado un importante crecimiento, aumentando 4,7 veces entre 1980 y 2008. Mientras que el crecimiento anual ha mostrado un patrón discontinuo, su promedio durante el período fue 6,4%. La Figura 3.2 muestra esta información de manera gráfica.

Figura 3.2.
Consumo de electricidad en Chile 1980-2008



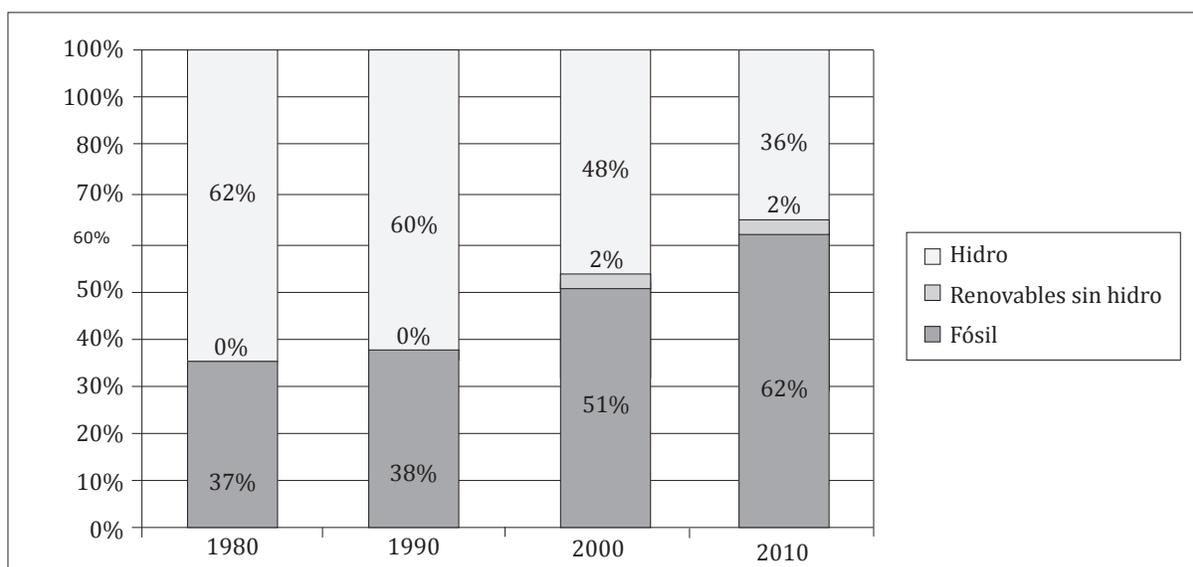
Fuente: elaboración propia en base a <http://www.cne.cl/>.

⁸ Esta sección está parcialmente basada en Claro (2011).

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 efecto, mientras en 1980 el 62% de la generación provino de la hidroelectricidad y el 37% de fuentes fósiles, en 2010 estas cifras prácticamente se invirtieron llegando a 36% y 62% respectivamente (ver Figura 3.3).

Figura 3.3.

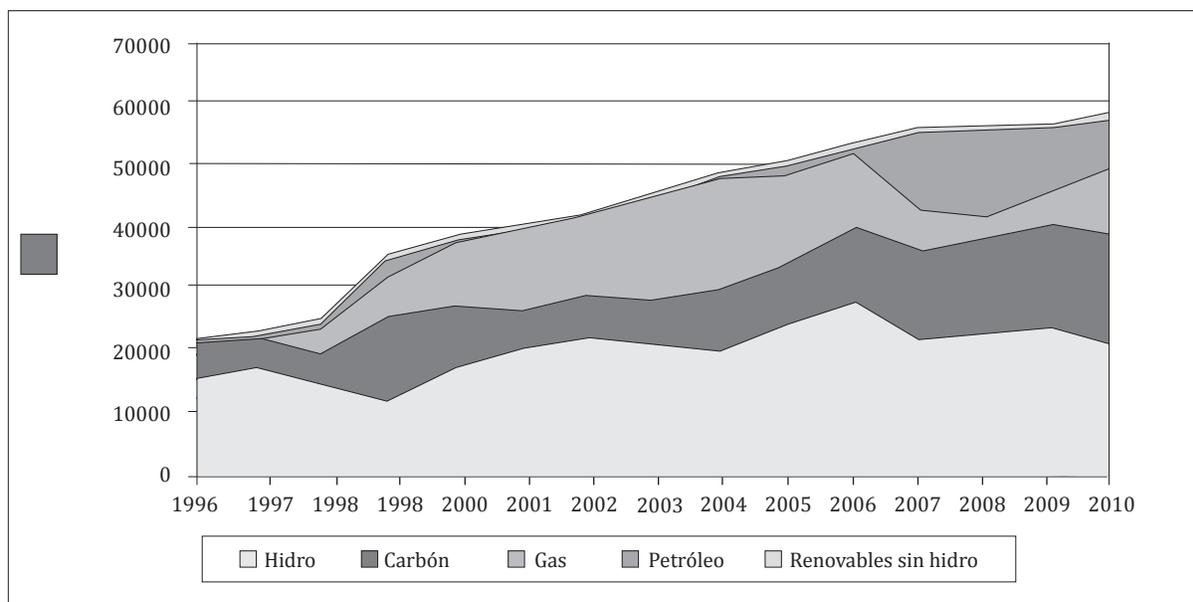
Participación de fuentes en la generación de electricidad nacional 1980-2010



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 se ha profundizado 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) (ver Figura 3.4).

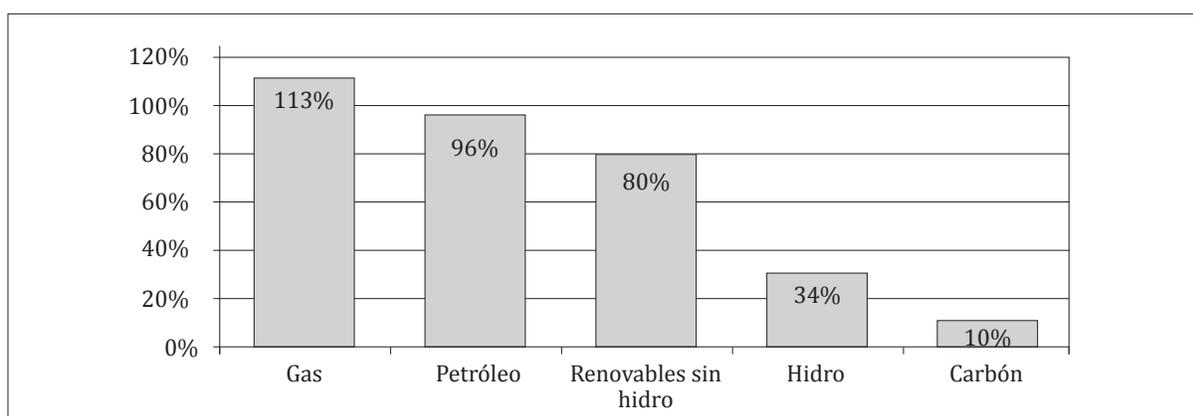
Figura 3.4.
Generación de electricidad en Chile por tipo de planta 1996-2010



Fuente: elaboración propia en base a CNE (2010).

Por otra parte, si bien la generación de electricidad renovable ha estado ampliamente dominada por la hidroelectricidad a nivel nacional, la participación del resto de las fuentes renovables ha mostrado un aumento constante últimamente. En efecto, si bien el crecimiento de su capacidad instalada entre 1999 y 2010 fue menor al del gas y el petróleo, fue claramente mayor al del carbón y la hidroelectricidad (ver Figura 3.5).

Figura 3.5.
Crecimiento de capacidad instalada en Chile por tipo de planta 1999-2010

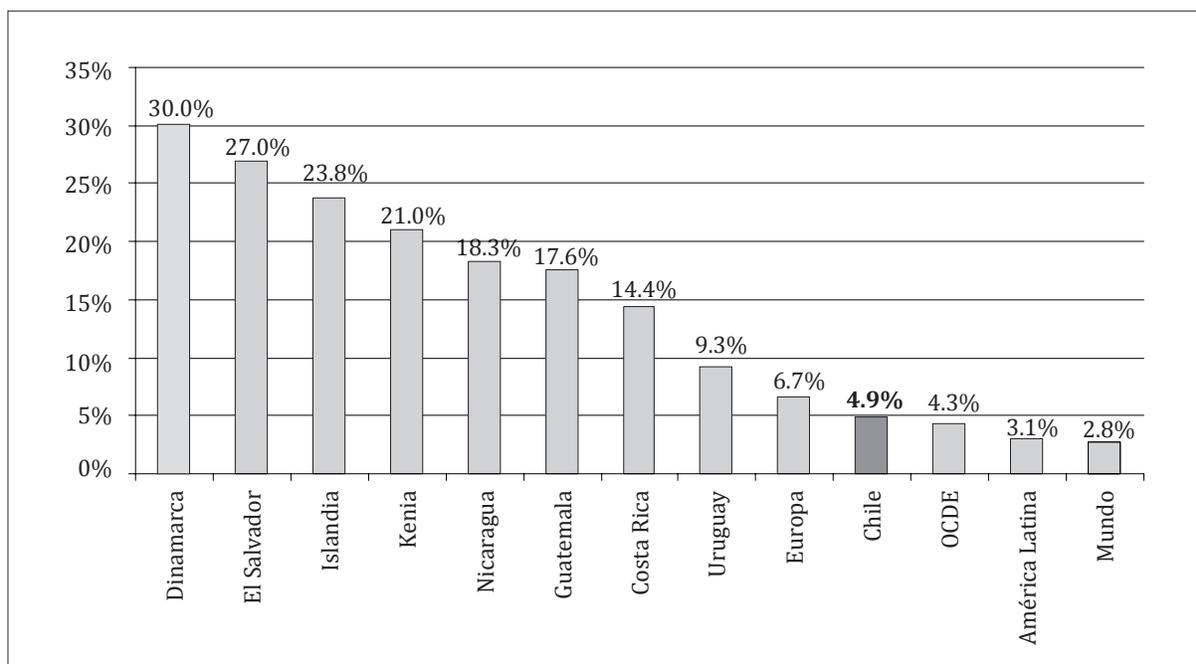


Fuente: elaboración propia en base a CNE (2010).

A nivel internacional Chile se ubica en un nivel relativamente avanzado en la generación de electricidad ERNC sin hidro. En 2008 su participación representó el 4,9% de la generación total nacional, cifra inferior al promedio de Europa (6,7%), pero superior al de OCDE (4,3%), Centro y Sud América (3,1%) y el mundo (2,8%). En efecto, Chile se ubica en el lugar 23 de los países a nivel internacional, con sólo cuatro países de la región mejor ubicados: El Salvador, Nicaragua, Guatemala, Costa Rica y Uruguay (ver Figura 3.6).

Figura 3.6.

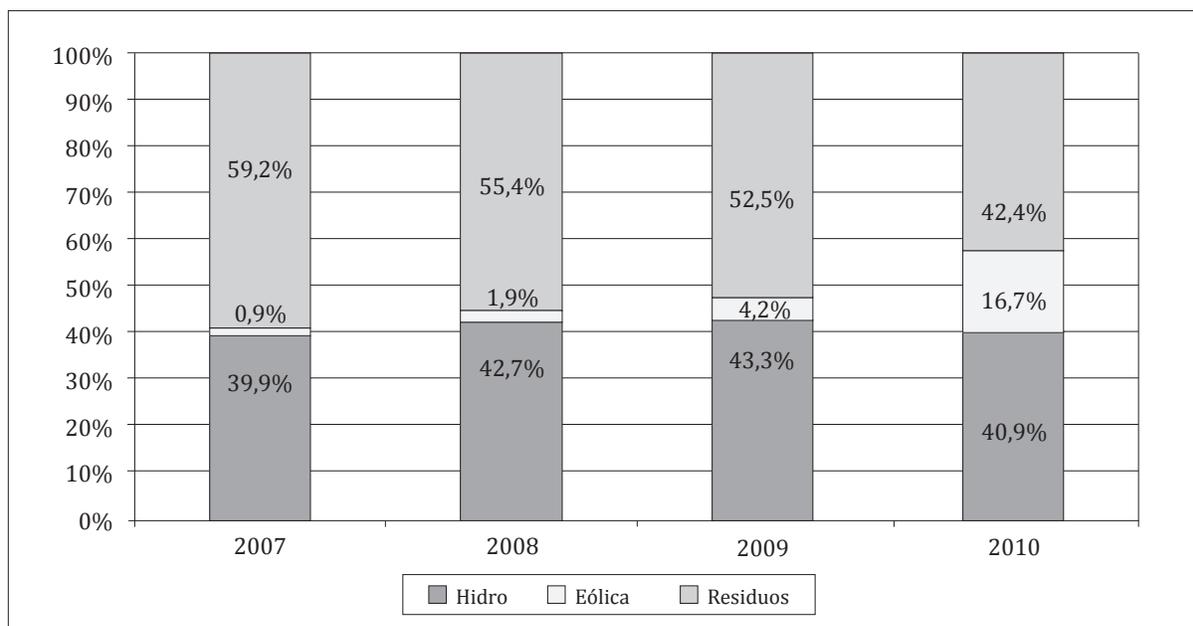
Participación de electricidad renovable sin hidro por país y región 2008



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

Concentrándonos en la situación de la electricidad ERNC (incluyendo las hidro con una potencia máxima menor a 20 MW) en Chile, su participación en la generación total aumentó entre 2007 y 2010 desde el 2,2% al 3,4%. 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 (ver Figura 3.7).

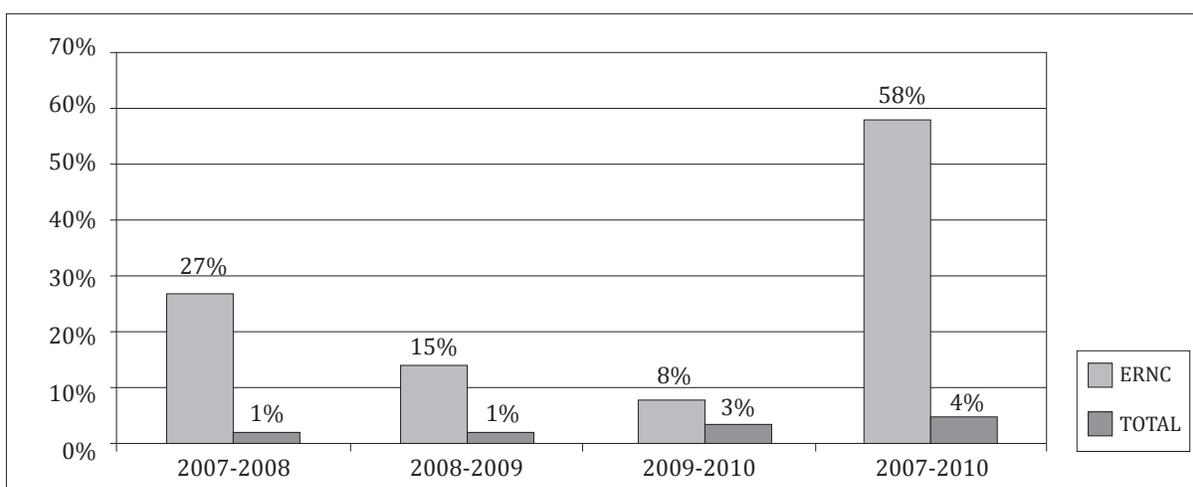
Figura 3.7.
Participación de fuentes en la generación de electricidad ERNC 2007-2010



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

Si bien entre 2007 y 2010 la generación de electricidad ERNC nacional creció 58% (cifra bastante superior al 4% experimentado por la generación total), este crecimiento presenta una tendencia descendente (ver Figura 3.8). Por su parte, la comparación con el resto de las fuentes eléctricas tampoco es alentadora. En efecto, no sólo el gas supera el crecimiento de las ERNC en la mayoría de los tramos analizados, sino que el carbón también lo hace para el tramo 2009-2010.

Figura 3.8.
Crecimiento de la generación de electricidad nacional ERNC y Total 2007-2010



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

3.4. Barreras a la electricidad ERNC en Chile

La información analizada indica que a pesar del aumento del interés durante el último tiempo por las fuentes de generación eléctrica ERNC, la participación de las fuentes fósiles ha experimentado un importante aumento durante las últimas décadas en Chile. Mientras en 1980 su participación alcanzó el 37,2%, en 2008 fue 55,9%. No obstante, las cifras para el período 1980-2008 ubican a Chile como un país relativamente avanzado en la generación de electricidad renovable no hidro.

Sin embargo, las cifras de los últimos años para las ERNC (incluyendo las hidro con una potencia máxima menor a 20 MW) son menos alentadoras a nivel nacional. En efecto, si bien en Chile la participación de la generación de electricidad ERNC aumentó entre 2007 y 2010 desde el 2,2% al 3,4%, el aumento del gas para el mismo período fue bastante más significativo, pasando del 10,8% al 19,8%. Además, el crecimiento de la electricidad ERNC nacional entre 2007 y 2010 presenta una tendencia marcadamente descendiente.

Desde 2007 se han realizado varios estudios que destacan las diversas barreras de entrada que dificultan el desarrollo la electricidad ERNC en Chile.⁹ 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).

3.4.1. 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 (cluster de Energía); y, sobre todo, falta de capacitación de personal adecuada.

- Falta de capacidades para evaluar el recurso

La evaluación del recurso energético asociado a una fuente renovable requiere capacidades técnicas específicas que, en el caso de Chile, con la excepción de los recursos hidráulicos y de biomasa forestal (quema directa y licor negro), no existen en cantidad suficiente, y en muchos casos son prácticamente inexistentes, lo que hace que el proceso de evaluación sea más lento que el óptimo, atrasando el desarrollo de las ERNC. Un avance en la materia es la herramienta Online “Explorador Eólico-Solar”, creada por el Gobierno, a través de la CNE y el Ministerio de Energía, con apoyo de la Universidad de Chile, que se utiliza para la evaluación preliminar del recurso a lo largo del país.

- Insuficiente información cuantificada de los recursos naturales disponibles

Aunque el país cuenta con un gran potencial de energías hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas, biomasa y solar no explotada, éstas se encuentran mal identificadas y no existen

⁹ Dufey (2010), Galaz (2007), García y Delgado (2011), Maldonado et. al. (2008) y Robles (2009).

estudios técnicos exhaustivos que cuantifiquen el potencial disponible, lo que dificulta la formulación y desarrollo de proyectos ERNC sobre bases sólidas. Esto significa que en la práctica, cada desarrollador de proyecto debe dedicar tiempo y recursos a realizar sus propios estudios.

– Falta de conocimientos 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.

– 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. El sistema financiero tiene poco interés en desarrollar instrumentos para el financiamiento de las ERNC, lo que se debe en gran medida al desconocimiento de este negocio y a la falta de una institucionalidad que determine y regule la forma de operar de este mercado. El concepto de riesgo versus rentabilidad es probablemente el mayor obstáculo para abrir el sector ERNC a una mayor participación de la inversión pública y privada.

– Alto riesgo económico

El costo por MW instalado de las energías ERNC, especialmente de aquellas de menor grado de madurez, es aún mayor que aquél de las energías convencionales. Los mayores costos de inversión no sólo se refieren al costo de las tecnologías mismas, sino también a los variados costos de implementación, tales como pago de expertos para el desarrollo de los proyectos, desarrollo de estudios de disponibilidad de recursos, mano de obra especializada para la construcción/instalación, etc. Luego, la ausencia de precios de largo plazo estables es un factor que estaría restringiendo la posibilidad de materializar contratos de largo plazo, especialmente en el caso de proyectos eólicos, debido a su bajo factor de planta, entre 22 y 47%.

– 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. En la mayoría de los casos, los nuevos actores no tienen la fortaleza financiera para garantizar el crédito con el banco, imposibilitándose así el financiamiento.

– Falta de madurez de mercado financiero

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.

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

El impulso a la investigación, desarrollo e innovación permitiría la aparición de nuevos mercados, 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.

3.4.2. 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 ERNC no intervienen en el fondo del modelo marginalista, donde los proyectos con costos altos 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.

– Alta concentración del mercado impide entrada de nuevos actores

Varias de las generadoras tradicionales están realizando sus propios proyectos ERNC para dar cumplimiento a los nuevos requerimientos legales. Considerando la alta concentración que existe en el mercado eléctrico chileno en los segmentos de generación y distribución, lo anterior ha implicado que los contratos se han dado más bien entre los grandes generadores convencionales y las distribuidoras, dejando fuera a generadores nuevos y más pequeños.

– Tratamiento contractual de las fuentes de electricidad renovable

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, lo que dada la naturaleza variable del recurso (sol, viento, agua), obliga 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.

– Incertidumbre frente a los precios de venta de la electricidad

Si bien a las ERNC se les permite vender la electricidad a precios de mercado, no se les puede asegurar las condiciones y comportamiento de éstos en el futuro. Lo anterior se transforma en un obstáculo que impacta de manera negativa en los indicadores financieros del proyecto, resultando en una atracción menor para quienes deseen efectuar inversiones en ellos.

– Dificultad de conexión del proyecto a las redes eléctricas

Muchos de los proyectos 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.

– Falta de industria de servicios conexos

Esta barrera aumenta los costos de la industria ERNC al obligar la contratación de muchos componentes y servicios en el extranjero, incluyendo ingeniería especializada, construcción y montaje, y operación y mantención, reduciendo la rentabilidad de sus proyectos. 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, aún cuando presentan menores impactos ambientales en comparación con los megaproyectos eléctricos, están enfrentando una oposición local creciente. En este fenómeno concurren la mayor sensibilidad de la ciudadanía ante

desarrollos relativamente grandes en la escala local, la falta de información y conocimiento sobre proyectos energéticos en general, y de energías renovables en particular, así como la percepción de daño y riesgo que la comunidad ve en una iniciativa particular cerca de su entorno. Esto ha llevado que algunos proyectos hayan debido enfrentar una oposición fuerte de la comunidad local, lo que se ha traducido en atraso o postergación del proyecto mismo.

- Falta de incorporación de externalidades y otros impactos

Las externalidades tanto positivas como negativas de las ERNC y de los combustibles fósiles, que en los estudios favorecen a las primeras, no están debidamente consideradas en la discusión de la política eléctrica. Así, los costos de generación a partir 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.

3.5. La eficiencia energética en Chile y las ERNC

La eficiencia energética (EE) en Chile no ha sido un aspecto de la política nacional sino hasta hace poco tiempo, y a pesar de los avances que ha habido en la materia todavía se necesita una política mucho más agresiva para alcanzar todo su potencial. Además, el uso eficiente de la energía se ha dirigido a diversas actividades, no siendo la principal la generación de energía eléctrica.

Por su parte, las ERNC en Chile, de conformidad con la ley, están orientadas exclusivamente a la generación de energía eléctrica. No ha habido, por consiguiente, un entendimiento conjugado de ambas fuentes sino que evolucionan de forma paralela.¹⁰

Al margen del potencial conjunto que ofrece la EE y las ERNC, hay un aspecto relativo a la cogeneración en donde ambas se conjugan y donde es necesario avanzar todavía más. La cogeneración en Chile, en términos de generación de electricidad, se ha restringido fundamentalmente al sector forestal, pero la normativa actual no promueve el mejoramiento tecnológico necesario para una mayor eficiencia en ese sector ni en otros donde la cogeneración juega también un rol importante.

3.5.1. La eficiencia energética

En la actualidad la EE es considerada en la mayoría de los países desarrollados un objetivo primordial. Es, por de pronto, parte importante de la seguridad energética de las naciones. Además, es una herramienta alineada con los objetivos ambientales y de sostenibilidad al implicar menor presión sobre los recursos naturales y una disminución de los

¹⁰ La EE y las ERNC juntas pueden evitar un desarrollo y modelo de negocio energético altamente cuestionado en el último tiempo. En efecto, hay estudios que afirman que si Chile asumiera una política agresiva al respecto, proyectos como Hidroaysén, por citar uno de los más controvertidos, podrían no solo esperar sino obviarse. Véase Stephen Hall y asociados, Roberto Román, Felipe Cuevas y Pablo Sánchez, *¿Se necesitan represas en la Patagonia? Un análisis del futuro energético chileno*, Santiago, OchoLibros, 2009.

GEI. Adicionalmente, la EE colabora a desacoplar el crecimiento económico del consumo de energía necesario para ese crecimiento. Por último, el uso eficiente de la energía se encuentra asociado a la mejora en la calidad, aumento en la productividad y disminución de costos del sector productivo.

Junto a lo anterior, el uso eficiente de la energía disminuye los gastos de las familias, mejora el confort de las viviendas y reduce algunos tipos de enfermedades como las pulmonares, entre otras consecuencias.

En términos generales, la EE se refiere a todos los cambios que se traducen en la disminución de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de actividad económica (por ejemplo, energía utilizada por unidad de PIB o valor agregado), o para satisfacer las necesidades energéticas residenciales manteniendo un determinado nivel de confort. Por lo tanto, la eficiencia energética está asociada con la eficiencia económica e incluye cambios tecnológicos, económicos y en el comportamiento de la población (PRIEN, 2008a).

Los sectores a los que debiera apuntar toda política de eficiencia energética son el comercial, el público y el residencial; el sector de la industria y la minería; el sector del transporte; y el sector eléctrico. Para abordar esta transversalidad parece razonable y deseable que los aspectos centrales se disciplinen al alero de una ley marco, cuestión que en Chile se ha afirmado en alguna ocasión (Harcha, 2007).

3.5.2. La eficiencia energética en Chile

Originalmente, la EE en Chile fue competencia del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE).¹¹ En la actualidad, el ente a cargo es la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), estructurada como una persona jurídica de derecho privado sin fines de lucro, regulada por el Título XXXIII del Libro Primero del Código Civil. La finalidad fundamental de esta Agencia es “el estudio, evaluación, promoción, información, desarrollo y coordinación de todo tipo de iniciativas relacionadas con la diversificación, ahorro y uso eficiente de la energía”.¹²

Cabe destacar, que la estructura finalmente privilegiada por el ejecutivo fue en su oportunidad desaconsejada por el Informe para el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC –encargado por la CNE– según el cual la participación directa del sector privado en la AChEE mediante una estructura de gestión pública/privada podría conllevar un alto riesgo de que el diseño e implementación de programas pudieran verse sesgados o incluso resultar socavados por los intereses comerciales creados de las organizaciones del sector privado representadas en el consejo directivo. En consecuencia, el equipo de expertos recomendó que la responsabilidad de la gestión de la agencia quedara sujeta al control absoluto del sector público (APEC, 2009).

¹¹ El PPEE fue creado en enero de 2005 bajo la dependencia del Ministerio de Economía para luego pasar a depender administrativamente desde 2008 en adelante de la CNE. El PPEE se organizaba en base a una estructura tripartita: la Secretaría Ejecutiva, el Comité Operativo y el Consejo Consultivo. La estructura interna era público-privada sin perjuicio que el ente formaba parte de la administración del Estado.

¹² www.acee.cl

Por su parte, un estudio destaca que si bien la misión de la AChEE es semejante a aquellas definidas para otras entidades extranjeras, la chilena hace mayor hincapié en las medidas de reducción del consumo y menor énfasis relativo en la disminución de los GEI. Esto obedece, según el informe, a la génesis que da origen a esta iniciativa y que está más influida por las necesidades reales de Chile frente a la dependencia del petróleo y gas y a la estrechez en su oferta eléctrica, lo que direcciona los esfuerzos principales de la AChEE a promover el ahorro de la energía y su uso eficiente (Incentivos y Metas, 2009). Se suma al estudio anterior, otro que señala la conveniencia de crear, por ley, una agencia de eficiencia energética estatal, resaltando las ventajas aparejadas a ello, dentro de las cuales destacan las consideraciones presupuestarias que tendría una agencia creada mediante una ley marco de eficiencia energética (Santiago Consultores, 2005).

3.5.3. Potencial de la EE para abastecer el SIC

En un estudio PRIEN (2008b) proyecta diferentes escenarios –conservador, dinámico y dinámico plus– del potencial de la ERNC y de la EE entre el año 2008 y 2025. Se concluyó que mediante políticas de fomento podía ahorrarse hasta un 10, un 15 y un 23% del consumo eléctrico total del SIC al año 2025, dependiendo del escenario. Para hacerse una idea, el escenario intermedio supone un ahorro de más de 16.000 GWh.

El estudio distingue varios sectores: cobre, gran industria y minería, cogeneración, sector comercial, y sector residencial. Asimismo, diferencia el potencial de EE para la oferta (generación y distribución), del potencial para la demanda en la potencia generada. En este último caso, se estima que para 2025 la reducción de los requerimientos de potencia superaría largamente la potencia de cualquiera de las centrales construidas a la fecha del informe, citando el caso de las centrales de Ralco que tienen “solo” 690 MW.

Concluye el PRIEN (2008b) que el aporte potencial de las ERNC y de la EE en la nueva potencia del SIC para el año 2025, podría ser 7.142 MW (51% de la nueva potencia) en el escenario dinámico, y de 9.874 MW (70% de la nueva potencia) en el escenario dinámico plus, requiriéndose solo un 49% y 30% respectivamente de otras fuentes energéticas para el abastecimiento total del SIC. En términos de emisiones de GEI, este aporte supondría, al 2025, una reducción estimada de 16 millones/22 millones de toneladas de CO₂ cada año dependiendo del escenario (dinámico y dinámico plus).

Por otra parte, en cuanto a los incentivos a la eficiencia del servicio de distribución eléctrica y la EE, cabe destacar que si bien el esquema regulatorio chileno define tarifas que estimulan a las empresas a reducir sus costos, y de esta manera a ser lo más eficientes y competitivos posible, también estimulan a que las empresas busquen incrementar sus ventas, lo que constituye una de las barreras para la EE (“la EE supone una caída en las ventas de energía”). Así, en rigor, bajo el marco regulatorio vigente en Chile, a las empresas distribuidoras no debiera interesarles la EE ni la reducción de las demandas de potencia, porque ello va en contra de sus intereses comerciales (SYSTEP, 2009).

El desafío es encontrar los instrumentos y ajustes regulatorios, que sin alterar el modelo regulatorio que enfatiza la eficiencia del accionar de las empresas distribuidoras chilenas, permitan incorporar incentivos que las orienten a contribuir a los objetivos nacionales de

EE. Una discusión central en este escenario, es si los programas de EE para las distribuidoras deben sólo plantearse en base a estímulos adicionales dentro del mercado o se deben definir metas obligatorias a alcanzar por las empresas, al estilo de la exigencia introducida respecto a las energías renovables no convencionales (SYSTEP, 2009).

3.5.4. La cogeneración y las energías renovables

La cogeneración en el contexto de las ERNC se denomina en nuestra legislación “instalación de cogeneración eficiente” y está definida como la instalación en la que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético, cuya potencia máxima suministrada al sistema sea inferior a 20.000 kilowatts, y que cumpla los requisitos establecidos en el reglamento.¹³

La energía eléctrica originada en un proceso de cogeneración y que quiera beneficiarse de las medidas de la Ley 20.257 sobre ERNC, a saber, exención de pagos establecidos en el Reglamento, tiene que utilizar un combustible perteneciente a las ERNC, es decir, biomasa Proyecto (Gamma Ingenieros, 2004). El problema es que la actual normativa no ha fomentado el desarrollo de proyectos para la tecnología eficiente en la cogeneración, lo que se suma a la restricción en la posibilidad de distribución de esta energía y los límites en relación a la cantidad de MW para ser considerada ERNC.

Es interesante destacar que a pesar de las barreras que experimenta en la actualidad la cogeneración en base a combustibles renovables no convencionales, el potencial de la sinergia entre ERNC y cogeneración es alto. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (2011), dado que la cogeneración ofrece una EE incuestionable y unas posibilidades de mitigación de CO₂ claras, debería ser una solución preferida por las naciones (IEA, 2011b).

4. Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad ERNC

Si bien los costos sociales de allanar las barreras antes descritas, en ocasiones pueden ser mayores que los beneficios sociales correspondientes, 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 ERNC en función de la etapa del proceso de innovación.

¹³ Ley 20.257.

Tabla 4.1.
Instrumentos de política para superar las barreras de entrada a la electricidad ERNC
en el proceso de innovación

Tipo de instrumento	Empuje tecnológico		Arrastre de mercado	
Etapas	Invencción	Innovación	Comercialización	Difusión
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 	

4.1. Instrumentos de tipo empuje tecnológico

4.1.1. *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).¹⁴ Del mismo modo, también pueden estimular el desarrollo de opciones tecnológicas prometedoras que previamente recibían una atención modesta (Turkenburg, 2002).

4.1.2. *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).

¹⁴ 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).

4.1.3. 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 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).

4.1.4. Transferencia tecnológica

Si bien gran parte del potencial para instalar tecnologías de electricidad 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).

4.1.5. Provisión de capital de riesgo

Debido a que los altos costos de capital constituyen una de las principales barreras que enfrenta la electricidad 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-Ratray, 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 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).

4.2. Instrumentos de tipo arrastre de mercado

4.2.1. 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-Ratray, 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).

4.2.2. Sistemas de primas

Otro mecanismo popular para promover la electricidad ERNC en los países desarrollados es el sistema de primas o FIT (por su denominación en inglés “Feed-in tariffs”), ya que ofrece a los generadores una garantía de pagos por la electricidad que producen (Howarth, 2012). En éstos el regulador fija una tarifa mínima que debe ser pagada al generador por cada unidad de electricidad 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-Ratray, 2009).

4.2.3. 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 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).

4.3. 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 que enfrenta la electricidad ERNC es abundante, no ocurre lo mismo con la literatura nacional. Mientras algunos estudios nacionales abordan los obstáculos que enfrenta la electricidad ERNC en Chile, la información existente acerca de cómo enfrentarlos es muy escasa, especialmente la de carácter empírico. 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.

Villagra (2011) usa una metodología de índole cualitativa que recoge las percepciones que sobre esta materia tienen actores relevantes del ambiente nacional. 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 4.2 detalla los instrumentos evaluados por los entrevistados. La entrevista fue aplicada a 30 actores de la industria, el gobierno, la academia y las ONGs.

¹⁵ Esta sección está en buena medida basada en Villagra (2011).

¹⁶ Si bien el análisis de las entrevistas no permite la obtención de conclusiones generalizables ni de resultados con validez estadística, provee de insumos que ayudan a comprender las principales barreras que enfrenta la electricidad ERNC en Chile y los principales instrumentos para superarlas. También permite diferenciar las percepciones sobre estas materias en función de los sectores considerados en las entrevistas.

Tabla 4.2.
Instrumentos para superar las barreras a la electricidad ERNC en Chile evaluados

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	Estimulo 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 ERNC y de la capacitación a nivel técnico para desarrollar, adaptar, instalar, operar y mantener las tecnologías ERNC.
	Incentivos para la transferencia tecnológica ERNC	Implementación de un sistema de incentivos económicos que faciliten la transferencia de tecnologías 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 ERNC certificados transables, los cuales deben ser utilizados por las empresas comercializadoras de electricidad para acreditar que cumplen con el porcentaje anual de inyección ERNC de sus retiros.
	Feed-in-tariffs para ERNC	Establecimiento de un mecanismo que otorga a los suministradores de electricidad ERNC una garantía de compra de toda la electricidad que producen y la definición de una tarifa fija o con una prima adicional al precio de mercado.
	Impuesto a las emisiones de CO2	Establecimiento de un impuesto específico a las emisiones de CO2 generadas por los suministradores de electricidad.
	Reducción de impuestos a los generadores de electricidad ERNC	Establecimiento de un mecanismo que reduzca los impuestos de los generadores de electricidad 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).

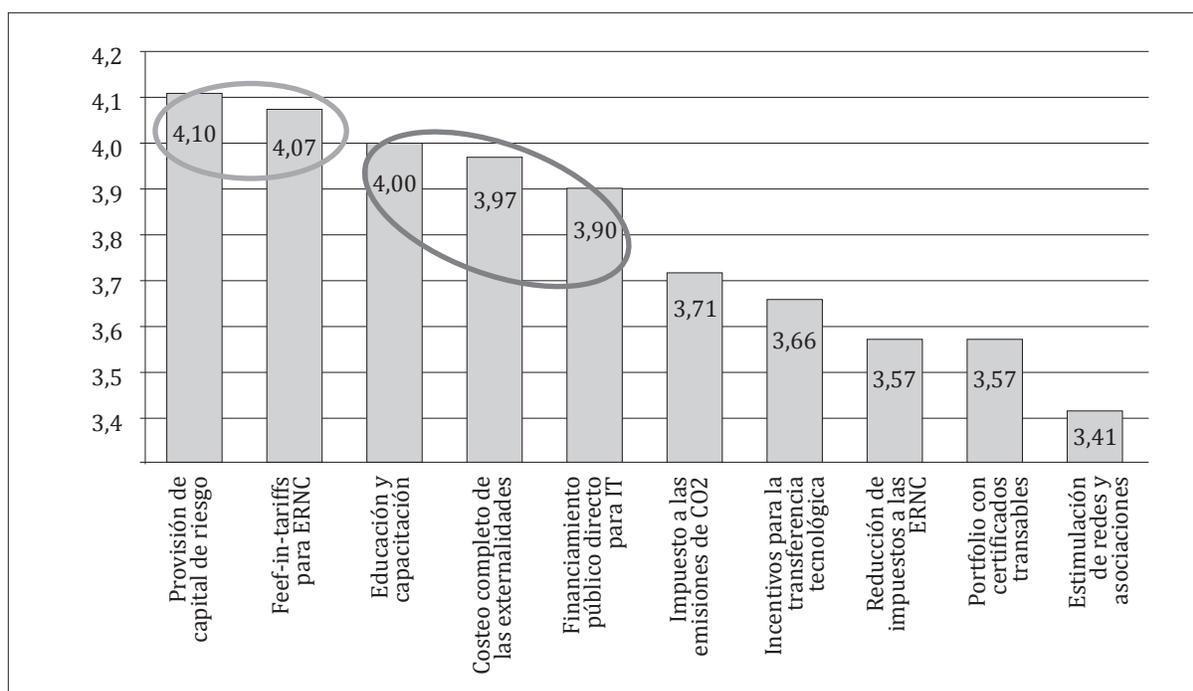
Fuente: Villagra (2011).

Para analizar la opinión sobre los instrumentos de política para facilitar la superación de las barreras que dificultan el desarrollo de la electricidad 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 para superar las barreras más relevantes. 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 4.1.

Instrumentos para superar las barreras a la electricidad ERNC en Chile (peso promedio)



Fuente: Villagra (2011).

Por su parte, los entrevistados mencionaron una gran cantidad de instrumentos para superar las barreras de entrada a la electricidad 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 4.3.
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. 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 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”.

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 ERNC en Chile y a los instrumentos de política necesarios para abordarlas. A continuación se revisan los más importantes.

5.1. Aspectos generales

Según la literatura revisada, la electricidad 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 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 sostenible; a saber, seguridad de suministro, protección ambiental y eficiencia económica.

5.2. 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 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”.

5.3. 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

corresponde al principal impedimento para el desarrollo de la electricidad ERNC en Chile (International Energy Agency, 2009).

Así, Chile debe emular la experiencia internacional en esta materia y regular las emisiones de CO₂ generadas por la generación de electricidad. Para esto debe introducir metas de reducción de emisiones de CO₂ e implementar incentivos económicos que pongan precio a estas emisiones por medio de cobros específicos o permisos de emisión transables.

5.4. 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.¹⁷ 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”.¹⁸

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 georeferenciada 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

¹⁷ Es más, a pesar de que el documento se titula “Estrategia Nacional de Energía 2012-2030”, sus contenidos se refieren casi en su totalidad al sector eléctrico. Esto es inquietante, ya que deja de lado una de las principales fragilidades energéticas de Chile: su profunda dependencia petrolera. Mientras la electricidad representa el 19% del consumo energético final, el petróleo el 54%, el que no sólo nutre casi la totalidad del transporte, sino que también una buena parte de las necesidades energéticas industriales, mineras, comerciales y residenciales. La necesidad de abordar el reto del petróleo se hace más evidente si se considera que Chile posee mínimas reservas, contribuye significativamente al calentamiento global y se espera un aumento considerablemente de su precio durante las próximas décadas.

¹⁸ Los otros se centran en promover la eficiencia energética, fomentar las energías tradicionales (hidro y carbón), fortalecer el sistema de transmisión, abordar los desafíos diversos de la distribución eléctrica y promover las interconexiones internacionales.

- 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. En los próximos meses debería estar aprobado el Reglamento respectivo.

Las propuestas antes descritas reflejan que el Gobierno ha comprendido el importante rol que juega la electricidad 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 2020 el 20% de la matriz eléctrica nacional provenga de fuentes ERNC.

Sin embargo, a pesar de que cuatro meses es un plazo demasiado breve como para evaluar el impacto de estas propuestas, el contenido de éstas permite detectar ciertas debilidades de las mismas. En primer lugar, la utilidad de estas propuestas se ve limitada por el mínimo nivel de detalle procurado. Ejemplos de esto son la falta de objetivos específicos, precisos y medibles, la carencia de plazos concretos para su implementación y la ausencia de claridad con relación, tanto a las responsabilidades de su implementación, como a las fuentes de financiamiento requeridas.

En segundo lugar, en línea con lo expresado en la sección anterior, se estima que el compromiso de la Estrategia con la internalización de las externalidades ambientales del sector eléctrico es débil y ambiguo. Esto es especialmente relevante si se considera la preeminencia que la experiencia internacional y las recomendaciones de organismos especializados le otorgan a esta medida. Finalmente, la Estrategia carece de mecanismos de participación y diálogo social, elemento crucial para lograr una base de apoyo amplia que permita el crecimiento de la electricidad ERNC en Chile.

6. Reflexión final: la justicia en la evaluación ambiental

Como este estudio ha mostrado, la electricidad 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 geiseros 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.¹⁹

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.

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:

¹⁹ Este caso puso nuevamente al frente el complejo tema de cómo operacionalizar el contenido del Convenio 169 de la OIT.

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.²⁰ 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.

²⁰ 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.

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”.

A pesar de que en la Ley 19.300 la EAE es un instrumento de gestión ambiental obligatorio sólo para las materias relacionadas con los planes de ordenamiento territorial, el Presidente de la República puede, a instancia del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, someter cualquier política o plan de carácter normativo a una EAE. Considerando que actualmente lo más parecido a una política o plan eléctrico corresponde a la “Estrategia Nacional de Energía 2012-2030”, parece pertinente recomendar que las acciones que de él se desprendan sean sometidas a dicha evaluación.²¹

²¹ De manera similar, parece recomendable que las acciones que se desprendan del “Informe de la Comisión Asesora para el Desarrollo Eléctrico (CADE)”, estudio fue encargado por el Presidente de la República a un grupo de expertos, anunciado en la cuenta pública de día 21 de mayo de 2011 y cuyos resultados se entregaron en noviembre de 2011, también sean evaluadas de la misma forma.

7. Bibliografía

- AHUJA, D. y TATSUTANI, M. 2009. Sustainable energy for developing countries. *S.A.P.I.EN.S* 2 (1): 1-16.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- CLARK, B. D. 1997. Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica. Estudios Públicos 65: 1-22.

- 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)”. 5 de Agosto de 2011, Facultad de Derecho, UDP.
- CNE, 2010. Balance de Energía 2010. Santiago, Comisión Nacional de Energía.
- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Santiago, Comisión Nacional de Energía.
- 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 número COM(2011)112.
- CORFO, 2009. Crédito CORFO Energía Renovable No Convencional (CCERNC). (http://www.corfo.cl/lineas_de_apoyo/programas/credito_corfo_energia_renovable_no_convencional_ccernc#20090213111029)
- CORFO, 2012. Reporte del Centro de Energías Renovables (CER, Mayo 2012).
- DEL CAMPO, S. 2011. Enfrentando los Desafíos del Sector Energético en el Norte Grande. Charla Inaugural de la conferencia “IX Foro SING”. (<http://www.forosing.cl/pdf/2011/SERGIODELCAMPO.pdf>)
- 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.
- 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, Estudio para la Comisión Nacional de Energía.
- GARCÍA, J. y DELGADO, P. 2011. Análisis de barreras para el desarrollo de energías renovables no convencionales. Santiago, Programa Chile Sustentable.
- GOH, A. 2005. Promoting innovation in aid of industrial development: the Singaporean experience. *International Journal of Public Sector Management* 18 (3): 216-240.
- 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, Fundación Chile.
- HARCHA, J. 2007. Construyendo la Ley Marco de Eficiencia Energética. En *Programa País de Eficiencia Energética 2006-2007*. Santiago, 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.
- 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, Programa de Derecho y Política Ambiental, Universidad Diego Portales.
- 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, Organisation for Economic Cooperation and Development/International Energy Agency.
- IGLESIAS, R. 2008. Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿tienen sentido? Santiago, ODEPA, Ministerio de Agricultura.
- INCENTIVOS Y METAS. 2009. Asesoría para el Diseño de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Santiago, Incentivos y Metas.
- 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.
- KOFOED-WIUUFF, A., SANDHOLT, K. y MARCUS-MOLLER, C. 2006. Renewable Energy Technology Deployment (RETD) - Barriers, Challenges and Opportunities. París, International Energy Agency - IEA RETD.

- 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, 2012. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. Santiago, 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.
- 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, Facultad de Ingeniería, PUC. (<http://www2.ing.puc.cl/power/paperspdf/mohr.pdf>)
- 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.
- 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. Working Paper N° 18-2010. Francia, Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement.
- OCDE, 2011. Hacia el crecimiento verde: Un resumen para los diseñadores de políticas. Disponible en <www.oecd.org/dataoecd/0/10/49709364.pdf>
- 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.
- OECD, 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.
- 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.
- PAINULY, J. P. 2001. Barriers to renewable energy penetration: a framework for analysis. *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.

- 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. <www.unep.org/greeneconomy>
- 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.
- PRIEN, 2008a. Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores. 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. 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. *Energy Policy* 39 (7): 4274-4283.
- REEEP, 2009. Energías renovables: diagnóstico, barreras y propuestas. Buenos Aires, REEP, Secretaría de Energía & Fundación Bariloche.
- REN21, 2011. Renewables 2011 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.
- 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 (ERNCC)”. 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, Santiago Consultores.
- SHRADER-FRECHETTE, K. 2002. *Environmental Justice: Creating Equality, Reclaiming Democracy*. Oxford, Oxford University Press.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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. ECN-Energy 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, Universidad Diego Portales, Santiago.
- 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.
- 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.